



AJUNTAMENT DE
VILADAMAT

DELIMITACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL I ESTUDI HIDRÀULIC DE L'ÀMBIT DEL SECTOR PA7 DEL PLA D'ORDENACIÓ URBANÍSTICA MUNICIPAL DE VILADAMAT

T.M. DE VILADAMAT (ALT EMPORDÀ)

Maig 2016



TAULA DE CONTINGUT

APARTATS PRELIMINARS

1. ANTECEDENTS	3
2. OBJECTIUS	3
3. CRITERIS SEGUITS	3

DELIMITACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL A VILADAMAT

4. DELIMITACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL A VILADAMAT	7
4.1. DELIMITACIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC (CLAU SH) – ZONA FLUVIAL	9
4.2. DELIMITACIÓ DE LA SERVITUD DE PROTECCIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC - SISTEMA HÍDRIC	11
4.3. DELIMITACIÓ DE LA SERVITUD D'ÀREES INUNDABLES - ZONA INUNDABLE	14
4.4. CONSIDERACIONS A LA DELIMITACIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC I RESTA DE L'ESPAI FLUVIAL A VILADAMAT.....	16

ESTUDI HIDRÀULIC ÀMBIT POLÍGON D'ACTUACIÓ URBANÍSTICA PA7 A VILADAMAT

5. ESTUDI HIDROLÒGIC: GEOMORFOLOGIA I HIDROLOGIA	19
5.1. OBJECTIUS I ÀMBIT TERRITORIAL A SIMULAR	19
5.2. CARACTERÍSTIQUES DE LA XARXA HIDROGRÀFICA	20
5.3. METODOLOGIA. MÈTODE RACIONAL	21
5.3.1. Coeficient d'uniformitat (K).....	22
5.3.2. Temps de concentració (T_c).....	22
5.3.3. Precipitacions màximes diàries (P'_d).....	23
5.3.4. Llímit d'escorrentiu (P'_0).....	24
5.3.5. intensitat de precipitació (I).....	25
5.4. RESUM DE RESULTATS	25
6. ESTUDI HIDRÀULIC: MODEL DE SIMULACIÓ HIDRÀULICA.....	27
6.1. MODEL BIDIMENSIONAL.....	27
6.2. MODEL DIGITAL D'ELEVACIONS DEL TERRENY	28
6.3. RUGOSITAT DEL TERRENY. COEFICIENTS DE MANNING.....	29
6.4. CONDICIONS HIDRODINÀMIQUES	30

6.4.1. Condició de contorn d'entrada.....	30
6.4.2. Condició de contorn de sortida.....	32
6.4.3. Condicions inicials.....	32
6.4.4. Condicions internes. Estructures.....	32
6.5. PARÀMETRES DE CàLCUL	33
6.6. TRIANGULARITZACIÓ.....	33
6.7. SÍNTESI DE LA INUNDABILITAT	33
6.7.1. ESCENARI ACTUAL	33
6.7.2. ESCENARI FUTUR. IMPLEMENTACIÓ DE MESURES PASSIVES	37
6.7.3. INCORPORACIÓ DELS RESULTATS DE L'ESTUDI HIDRÀULIC AL POUM DE VILADAMAT	41
ANNEX CARTOGRÀFIC	43

A**APARTATS PRELIMINARS**

1. ANTECEDENTS

En la sessió del dia 6 de novembre de 2016 la Comissió Territorial d'Urbanisme va adoptar l'acord d'aprovar definitivament el Pla d'Ordenació Urbanística Municipal (POUM) de Viladamat supeditant-ne la publicació en el DOGC i consegüent executivitat a la presentació d'un text refós que incorpori les consideracions d'inundabilitat i hidrologia de l'informe de l'ACA de 17 d'octubre de 2014, definint:

1. El sistema hidrogràfic (Clau SH) (o zona fluvial), la servitud de protecció del sistema hidrogràfic (o sistema hídric) i la servitud d'àrees inundables (o zona inundable).
2. Les mesures de protecció passiva a adoptar en el sector del polígon d'actuació urbanística PA7 d'acord amb un estudi hidràulic fet segons les recomanacions de 20 de juny de 2001, modificades el 17 de juliol de 2003, i el reglament de la Llei d'Urbanisme (Decret 305/2006, de 18 de juliol).

2. OBJECTIUS

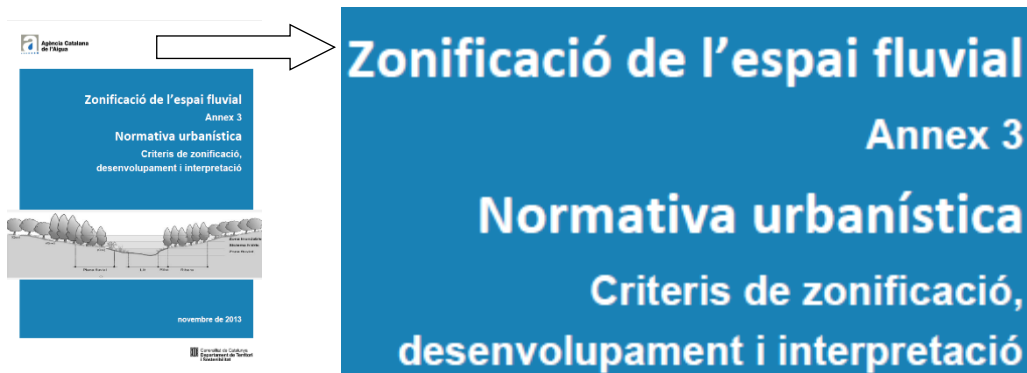
L'objectiu del present document és, doncs, doble:

1. Definir el sistema hidrogràfic (clau SH) a tot el terme municipal, i resta de zones de l'àmbit fluvial.
2. Fer l'estudi hidràulic i definir les mesures de protecció passiva a prendre en el sector del PA7.

per donar compliment als informes de l'Agència Catalana de l'Aigua i de la Comissió Territorial d'Urbanisme de Girona del Departament de Territori i Sostenibilitat.

3. CRITERIS SEGUITS

S'han estudiat tot els documents de criteris tècnics elaborats i utilitzats per l'Agència Catalana de l'Aigua en els darrers anys, part dels quals estan disponibles al seu web, i (1) s'ha pres com a base de treball la zonificació de l'espai fluvial segons criteris urbanístics que figura en el document següent:



concretat en el següent esquema:

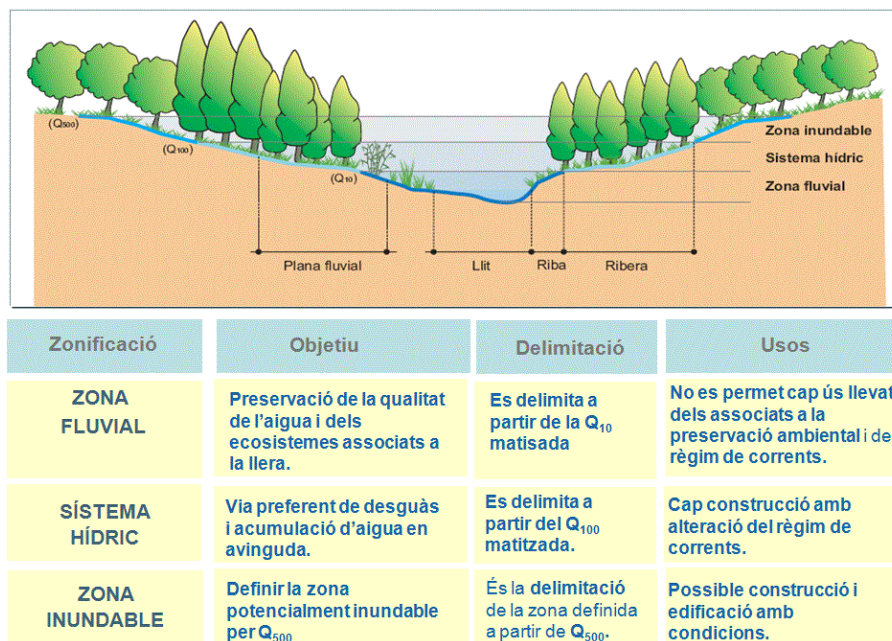


Figura 1. Zonificació de l'espai fluvial d'acord amb la Llei d'urbanisme. Font: web ACA.

per (2) incorporar-hi posteriorment les delimitacions definides a partir de l'estudi hidràulic del sector del PA7.

Cal dir que prenent en consideració els criteris de racionalitat que han de regir els treballs i les decisions de l'Administració, s'ha optat per seguir en el conjunt del terme municipal tots els criteris tècnicament fermes que ha anat seguint durant els darrers anys l'Agència –també amb un detallat reconeixement de camp- i que s'ha dut a terme un treball de modelització hidràulica en el sector comprès entre la variant de la carretera fins aigües avall del sector PA7 en la seva confluència amb la riera de la Muntanya.

Per tant, s'ha donat compliment a l'informe de l'ACA, amb la corresponent nomenclatura de l'article 6 del Reglament de la Llei d'Urbanisme, i s'ha treballat per delimitar en tot el terme municipal les següents zones:

1. Sistema hidrogràfic (Clau SH): és l'únic sistema urbanístic i es correspon amb la ZONA FLUVIAL.
2. Servitud de protecció de sistema hidrogràfic: es correspon amb la zona de SISTEMA HÍDIC, a partir de la zona inundable per període de retorn de 100 anys matisada. No té condició de sistema urbanístic.
3. Servitud d'àrees inundables: es correspon amb la ZONA INUNDABLE per període de retorn de 500 anys. No té condició de sistema urbanístic.

B**DELIMITACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL A VILADAMAT**

En la imatge següent es pot observar aquest fenomen que s'ha tingut en compte especialment en la delimitació del sistema hídic a la Torrentassa.

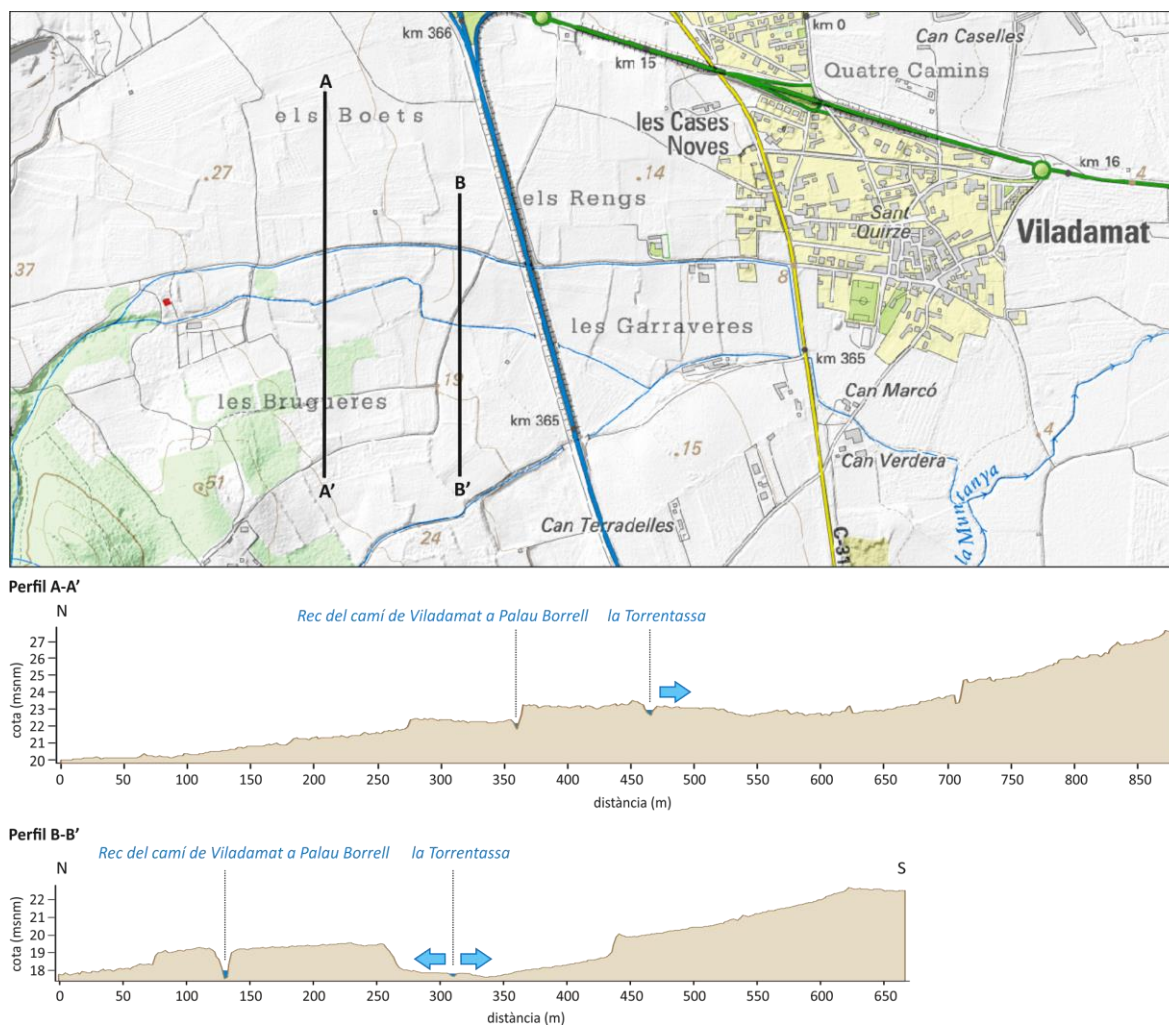


Figura 3. Perfils topogràfics sobre els cursos hídrics del Rec del camí de Viladamat a Palau Borrell i la Torrentassa . Font: Elaborat per GEOSERVEI a partir del model digital d'elevacions 2x2, LIDAR.

Els cursos on s'ha definit de forma continua l'espai fluvial en el municipi de Viladamat són, de N a S (en nombres romans recs no inclosos en la modelació numèrica):

- I. Rec innominat N
- II. Rec que passa per Palau Borrell
 1. Rec del camí de Viladamat a Palau Borrell
 2. La Torrentassa
 3. Rec del Camí del Mig

4. Rec del camí de Sant Feliu de la Garriga
5. Riera de la Muntanya

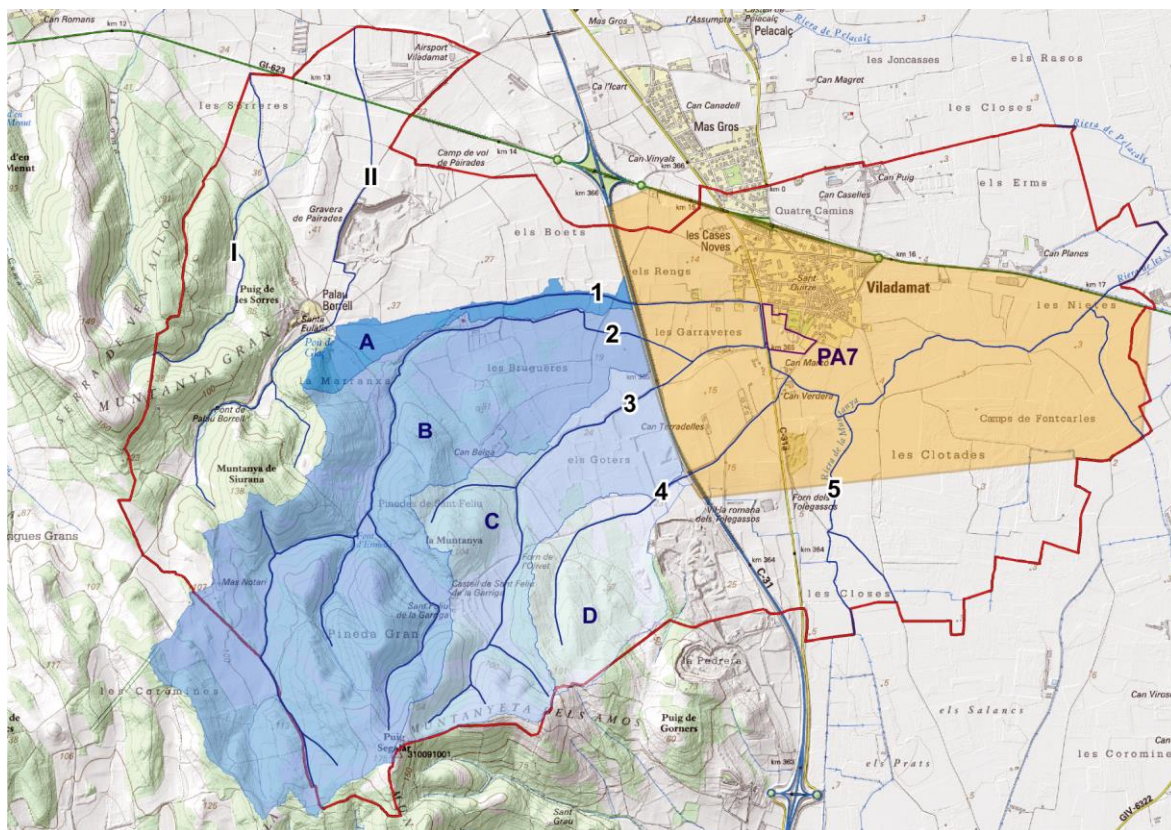


Figura 4. Recs on s'ha delimitat l'espai fluvial i àrea modelitzada numèricament (en color salmó). Font: Elaborat per GEOSERVEI.

La resta dels eixos hídrics a la plana fluvial s'entenen com a drenatges antròpics per facilitar l'escolament en l'àrea planera del Fluvià i no constituents de l'espai fluvial.

Per la definició dels tres àmbits que conformen l'espai fluvial s'ha tingut en compte, en primer lloc, la línia orientativa de base de les màximes crescudes per un període de retorn de 10 anys (zona fluvial, que permet definir el sistema hidrogràfic), de 100 anys (sistema hídic) i de 500 anys (zona inundable) allà on s'ha modelat numèricament el desguàs i, en segon lloc, l'ordre de prevalença dels criteris de factibilitat (bloc legal i hidràulic) en trams amb usos consolidats, on el traç per criteris morfoodinàmics i ambientals es veu modificat.

En els apartats següents es recullen els criteris particulars que han regit cada un dels àmbits de l'espai fluvial del municipi de Viladamat.

4.1. DELIMITACIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC (CLAU SH) – ZONA FLUVIAL

La delimitació del sistema hidrogràfic s'ha efectuat partint (1) d'un reconeixement de camp, (2) de la línia orientativa de base de les màximes crescudes per un període de retorn de 10 anys procedent de la

modelització hidràulica en l'àrea compresa entre la C-31 i la riera de la Muntanya, dels torrents que, entre Palau Borrell i Sant Feliu de la Garriga, drenen la Serra de Ventalló (ZFH01), i (3) de la comprovació que el llit més les ribes suporten al cabal corresponent al període de retorn de 10 anys en la resta de torrents i d'àrees del municipi. Complementàriament s'han valorat tots els criteris que permeten a l'Agència Catalana de l'Aigua definir la zona fluvial i s'han seguit aquells que han resultat d'aplicació.

Les consideracions anteriors s'han traduït en la delimitació del sistema hidrogràfic coherent amb el criteri amplada mínima (ZFL02) d'afegir 5 m a banda i banda de l'àmbit de màxima crescuda ordinària, que es correspon amb el binomi llit/ribera i que a Viladamat no supera els 5 m d'amplada; el resultat és un sistema hidrogràfic d'amplada total 15 m.



Figura 5. Vista del rec del camí de Viladamat a Palau Borrell prop de Can Vilopriu, amb una amplada d'entre 4-5 m. *Font: GEOSERVEI.*

La delimitació s'ha traçat tenint en compte els cursos superficials no es troben endegats ni amb motes (ZFH03) i que únicament en el sector de l'antiga carretera de Figueres recorren per nucli urbà consolidat (ZFH02), on l'amplada del sistema s'ha adaptat a l'espai endegat.

Així, han quedat inclosos en la delimitació els hàbitats fluvials (ZFA01), ha quedat constatat que no existeixen àrees que puguin ser recuperables (ZFH02) i s'ha garantit el manteniment de la coherència estructural (ZFA03) i de continuïtat.

En el plànol 16 es pot visualitzar la delimitació del SISTEMA HIDROGRÀFIC que s'ha recollit en el els plànols d'ordenació del POUM, el qual, en l'apartat corresponent de la normativa urbanística (Secció III.2) ha incorporat la definició del SISTEMA HIDROGRÀFIC, com a únic sistema urbanístic en el sentit de l'article 6 del RLU (SISTEMA HIDRÀULIC), equivalent a la ZONA FLUVIAL, i la regulació dels usos permesos d'acord amb la legislació hídrica vigent.

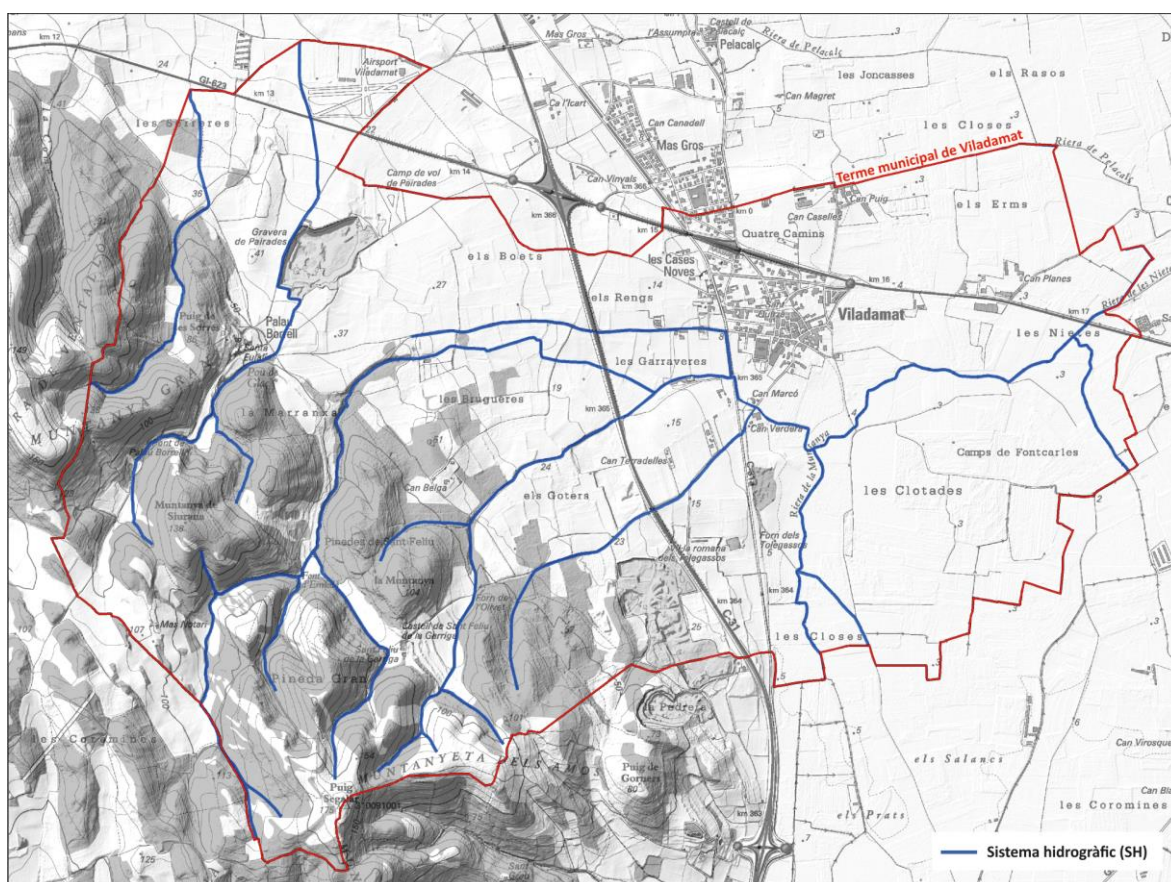


Figura 6. Sistema Hidrogràfic (Clau SH) a Viladamat. Font: GEOSERVEI.

4.2. DELIMITACIÓ DE LA SERVITUD DE PROTECCIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC - SISTEMA HÍDRIC

La delimitació de la zona de servitud de protecció del sistema hidrogràfic -el sistema hídric segons criteris de zonificació de l'espai fluvial- s'ha efectuat partint també (1) del reconeixement de camp, (2) de la línia orientativa de base de les màximes crescudes per un període de retorn de 100 anys procedent de la modelització hidràulica en l'àrea compresa entre la C-31 i la riera de la Muntanya (SHH01), i (3) de la comprovació mitjançant càlculs de Manning de la capacitat de la llera per suportar al cabal corresponent al període de retorn de 100 anys en la resta de torrents del municipi. Complementàriament s'han valorat tots els criteris que permeten a l'Agència Catalana de l'Aigua definir el sistema hídric i s'han seguit aquells que han resultat d'aplicació.

Així, els criteris general en tots els torrents en el tram on cadascun discorre encaixat sobre el substrat eocènic, la delimitació coincideix amb la del mateix sistema hidrogràfic -excepte àrees puntuals on, per criteris geomorfològics i geodinàmics, s'estima que es poden veure afectades àrees més extenses- mentre que els criteris seguits per la delimitació de la zona de servitud de protecció del sistema hidrogràfic de cada un dels cursos en la resta de trams es detallen tot seguit:

1. **Rec innominat N** : en el tram en què discorre fora del relleu eocènic, i d'acord amb els criteris morfològics descrits en la introducció del present apartat -que impliquen possibilitat de desbordament a banda i banda i per amplades notables- s'ha optat pel criteri d'amplada màxima (SHL03) de 100 m, a banda i banda del curs i a partir del binomi llera/ribes o zona de màxima crescuda ordinària,
2. **Rec de Palau Borrell**: com en el cas del rec anterior, s'ha optat pel criteri d'amplada màxima (SHL03) de 100 m, a banda i banda del curs en el tram en què el rec discorre fora del relleu eocènic; en el tram en què el rec voreja per l'W l'àmbit de l'activitat de Pairades, del qual el separa una mota que impedeix l'entrada d'aigua a la zona excavada, s'ha optat per seguir el criteri d'endegaments amb motes (SHH04) de l'Agència i s'ha ajustat la delimitació del sistema hídic en el marge dret del rec fins fer-lo coincidir amb la zona fluvial.
3. **Rec del camí de Viladamat a Palau Borrell**: en tot ell la delimitació coincideix amb la del sistema hidrogràfic amb motiu de la poca superfície de la conca i de la suficient capacitat de la seva llera,
4. **La Torrentassa**: s'hi diferencien dos trams diferents,
 - en el tram en què discorre fora del substrat eocènic fins la confluència amb la carretera C-31, i d'acord amb els criteris morfològics descrits, es detecta una primera part únicament amb possibilitat de desbordament pel marge dret i una segona part on pot desbordar a ambdues bandes i amb amplades notables; s'ha optat per la delimitació segons el criteri d'amplada màxima (SHL03) de 100 m -a una banda o a dues bandes segons correspongui i a partir del binomi llera/ribes o zona de màxima crescuda ordinària,
 - en el tram d'aigües avall de la carretera C-31 s'han tingut en compte els resultats de la modelització hidràulica del sector PA7 i, per tant, els criteris d'àrea amb inundació greu per l'avinguda T500 (SHH02) ajustada amb motiu de l'existència d'àrees amb sòl urbà consolidat (SHH03). A partir de la confluència amb el rec del camí de Sant Feliu de la Garriga, ja en plana al·luvial del Fluvià-Ter, s'ha optat novament pel criteri d'amplada màxima, més coherent amb les característiques geomorfològiques i geodinàmiques del sector.
5. **Rec del camí de Sant Feliu de la Garriga**: s'hi diferencien dos trams diferents,
 - en el tram en què discorre fora del substrat eocènic fins la confluència amb la carretera C-31, la delimitació coincideix amb la del sistema hidrogràfic amb motiu de la suficient capacitat hidràulica de la seva llera,
 - en el tram d'aigües avall de la carretera C-31 s'han tingut en compte els resultats de la modelització hidràulica del sector PA7 i, per tant, els criteris d'àrea amb inundació greu per l'avinguda T500 (SHH02).
6. **Riera de la Muntanya** discorre subparalela al canvi de pendent entre els terraprimis i la plana al·luvial del Fluvià-Ter des de prop de Verges, rebent aportacions al llarg de tot el seu marge esquerre i amb diferents punts de potencial desbordament cap a la plana pel seu marge dret, que han fet inviable el càlcul del cabal circulant pel període de retorn de 100 anys; per aquest motiu, i d'acord amb la morfologia extremadament planera dels sectors que implica extenses àrees ocupades pel desbordament, s'ha optat pel criteri d'amplada màxima de 100 m en tot el seu recorregut pel terme municipal.

Cal destacar que en els cursos tinguts en compte no existeixen àrees especialment dinàmiques a nivell geomorfològic (SHM02) o amb potencial interès de restauració (SHH06) que hagi calgut tenir en compte de forma especial.

Finalment, els únics sectors on es detecten àrees amb expansions o concentracions brusques de flux (SHH05) coincideixen amb la confluència de la Torrentassa i del rec del camí del Mig amb la carretera C-31. En aquest cas s'ha optat per resseguir el terraplenat viari tant a N com a S resultant un estrenyiment del sistema hídic a similitud de la solució adoptada per l'Agència Catalana de l'Aigua en la PEF del riu Fluvià en el marge esquerre del pont de la C-31 sobre el riu Fluvià, just al N de la zona de treball i en terme municipal de Torroella de Fluvià.



Figura 7. Esquerra - Visió de la delimitació del sistema Hídic al terraplenat de la C-31 al marge esquerre del riu Fluvià al terme de Torroella de Fluvià. Font: Web Agència Catalana de l'Aigua. Dreta - Visió de la delimitació del sistema Hídic al terraplenat de la C-31 al terme de Viladamat. Font: GEOSERVEI.

Tota la delimitació s'ha efectuat amb garantia de funcionalitat i continuïtat.

En el plànol 17 es pot visualitzar la delimitació de la SERVITUD DE PROTECCIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC. En l'apartat corresponent de la normativa urbanística (Secció III.2) s'ha incorporat la definició de la SERVITUD DE PROTECCIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC que, d'acord amb els criteris de la LU, no és considerat com a sistema urbanístic.

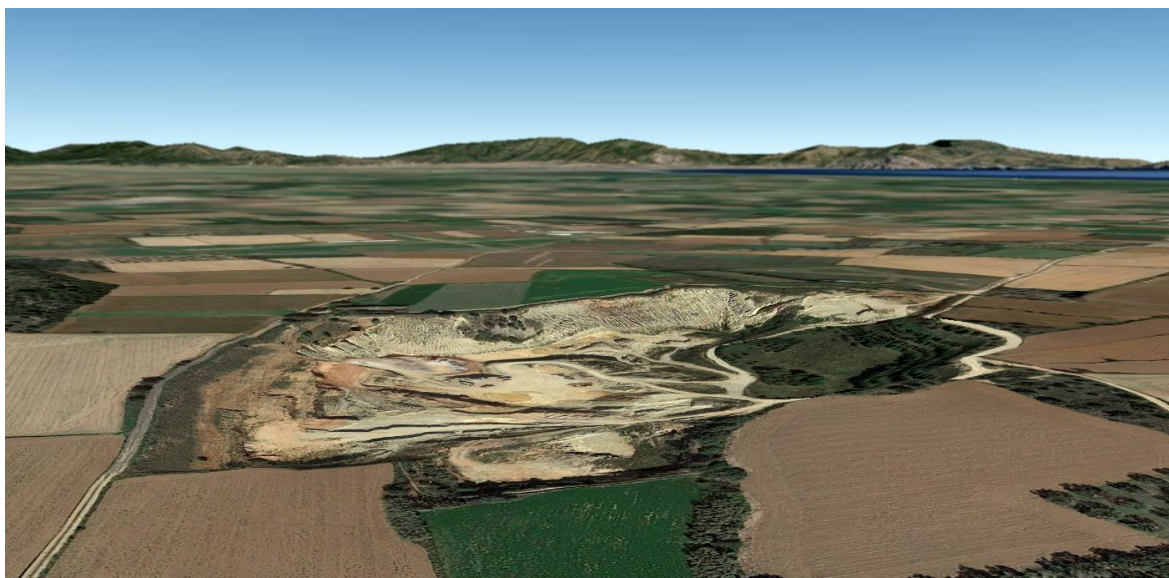


Figura 9. Visió aèria de conjunt de l'activitat extractiva Pairades al NE de Viladamat (Font: Google Earth 2016, modificat GEOSERVEI) i (a baix) detall d'aflorament d'un dels fronts d'excavació (Font: GEOSERVEI)

En el plànol 18 es pot visualitzar la delimitació de la **SERVITUD D'ÀREES INUNDABLES**. En l'apartat corresponent de la normativa urbanística (Secció III.2) s'ha incorporat la definició de la **SERVITUD DE PROTECCIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC** que, d'acord amb els criteris de la LU, no és considerat com a sistema urbanístic.

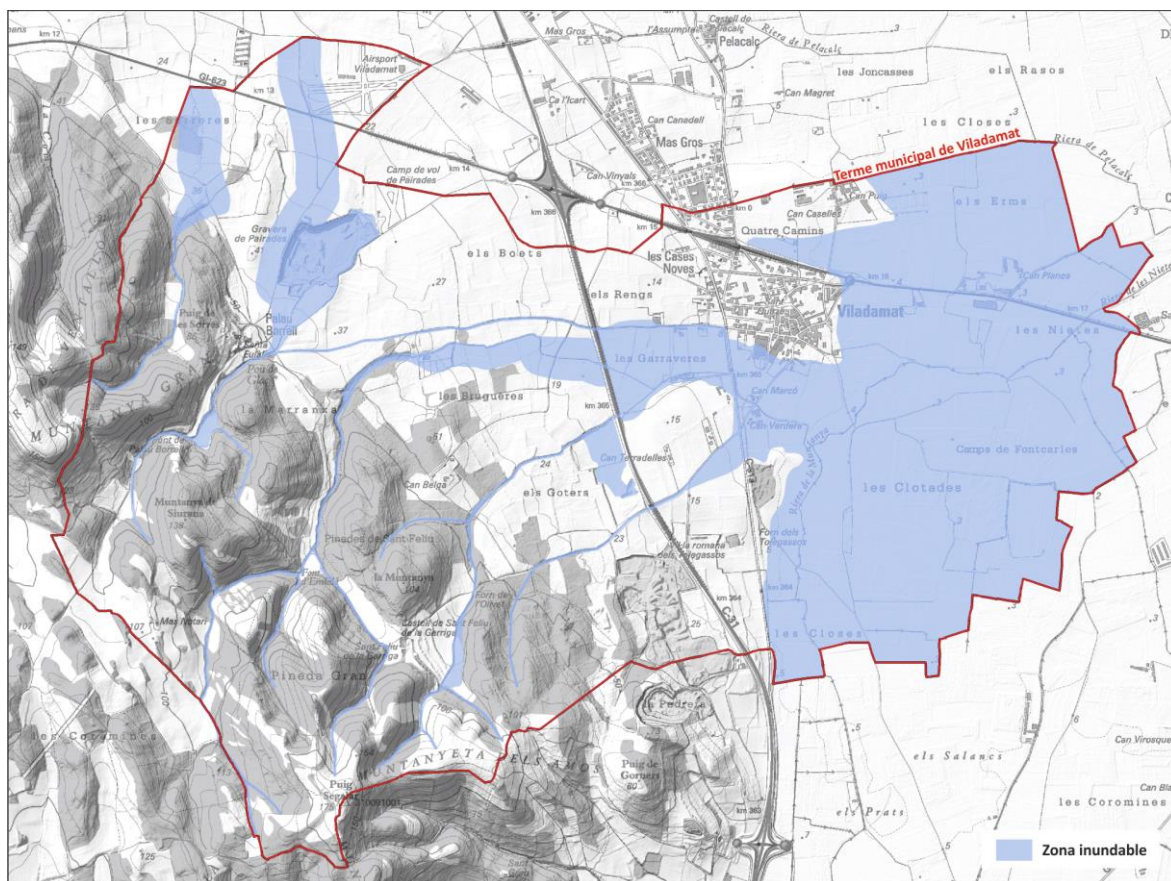


Figura 10. Servitud d'àrees inundables a Viladamat. Font: GEOSERVEI.

4.4. CONSIDERACIONS A LA DELIMITACIÓ DEL SISTEMA HIDROGRÀFIC I RESTA DE L'ESPAI FLUVIAL A VILADAMAT

En els apartats precedents i en l'annex cartogràfic s'ha donat resposta al requeriment núm. 9 de l'informe de 17 d'octubre de 2014 de l'Agència Catalana de l'Aigua (UDPH02013003060) aportant la informació necessària per ser incorporada en la documentació urbanística del POUM de Viladamat.

C

ESTUDI HIDRÀULIC ÀMBIT POLÍGON D'ACTUACIÓ URBANÍSTICA PA7 A VILADAMAT

5. ESTUDI HIDROLÒGIC: GEOMORFOLOGIA I HIDROLOGIA

5.1. OBJECTIUS I ÀMBIT TERRITORIAL A SIMULAR

L'objectiu del model de simulació hidràulica és delinear l'extensió i determinar la magnitud d'avingudes amb període de retorn de 10, 100 i 500 anys amb una doble finalitat; (a) d'una banda, avaluar la inundabilitat actual del sector PA7 (POUM Viladamat) i la resultant de l'aplicació de mesures passives que atenuïn l'actual potencial impacte per inundació i (b) d'altra banda, servir de base parcial al traç del sistema hidrogràfic, servitud de protecció del sistema hidrogràfic i servitud de protecció d'àrees inundables que conformen l'espai fluvial de Viladamat. Ambdós propòsits es corresponen amb requeriments específics segons informe emès per l'ACA sobre el tràmit d'aprovació del POUM de Viladamat (expedient UDPH2013003060).

L'anàlisi de la inundabilitat s'ha efectuat en un àmbit del terme municipal de Viladamat que comprèn amb suficient folgança territorial (per evitar efectes de contorn al model bidimensional) el sector PA7 de sòl urbà considerat per l'Agència Catalana de l'Aigua com a punt crític hidràulic.

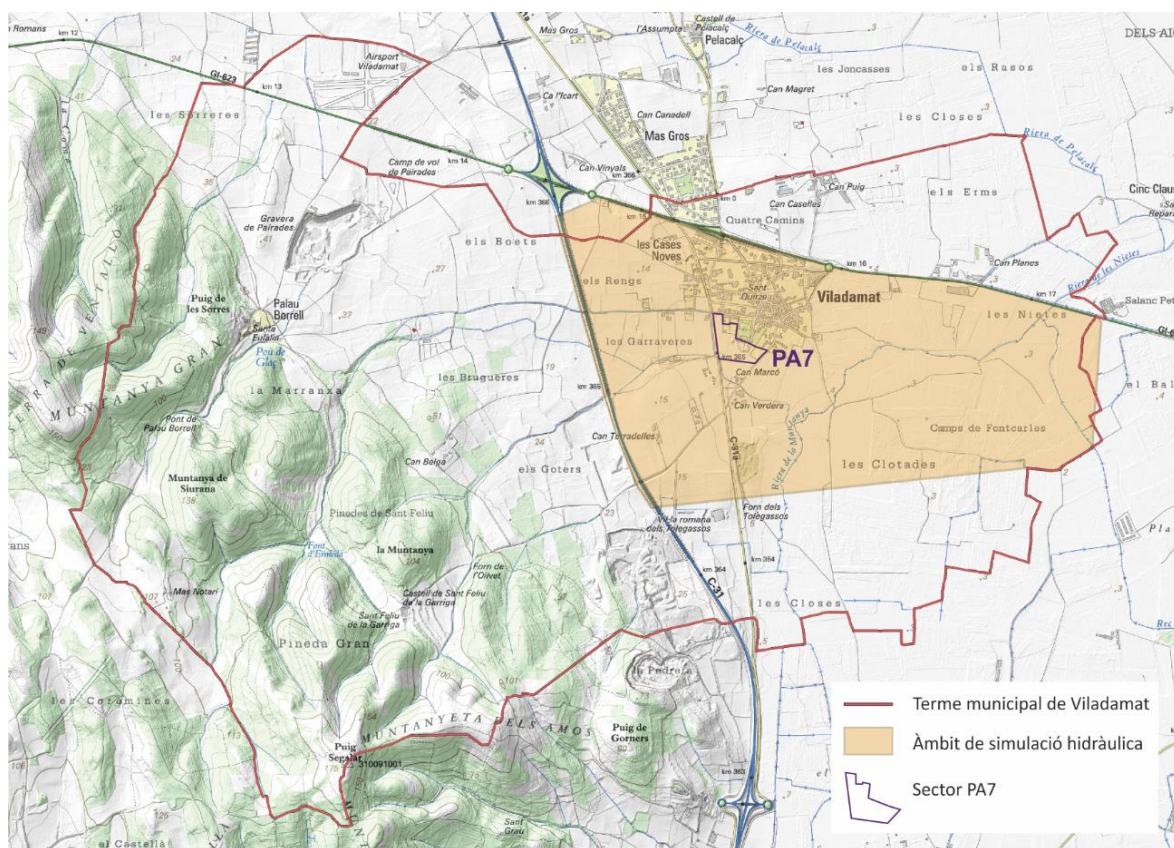


Figura 11. Situació geogràfica de l'àmbit de simulació hidràulica respecte del sector de sòl urbà PA7. *Font: GEOSERVEI.*

Donat que no es disposa de dades oficials sobre cabals circulants d'aigua superficial a les entrades del sector d'estudi s'ha realitzat una aproximació en forma d'estudi hidrològic simple, segons metodologia de l'ACA, per a determinar-los.

5.2. CARACTERÍSTIQUES DE LA XARXA HIDROGRÀFICA

La geomorfologia de Viladamat es caracteritza, a grans trets, per la presència de tres grans sectors ben diferenciats que acaben per condicionar i definir la circulació de les aigües superficials. Un primer àmbit que comprèn el terç W del municipi i que presenta els relleus moderats de la Serra de Ventalló on es situen les capçaleres dels principals escòrrecs que transiten pel municipi. Un segon àmbit de transició orogràfica entre els relleus de ponent i la plana empordanesa on els escòrrecs perden pendent, discorren sobre unitats neògenes i quaternàries antigues, i ja presenten traces condicionades antròpicament. Finalment, un tercer àmbit caracteritzat per presentar gradients altimètrics molt baixos propis de la plana al·luvial dels sistemes Fluvià-Ter on el trànsit dels escòrrecs ja és plenament condicionada per l'home amb objectius diversos (rec, drenatge, salvaguarda d'espais urbanitzats, etc.).

Per al càlcul de les entrades d'aigua superficial al model de simulació hidràulica (cercles negres a la figura 12) s'han considerat les següents rieres/escòrrecs i s'han delinatat les conques de drenatge corresponents:

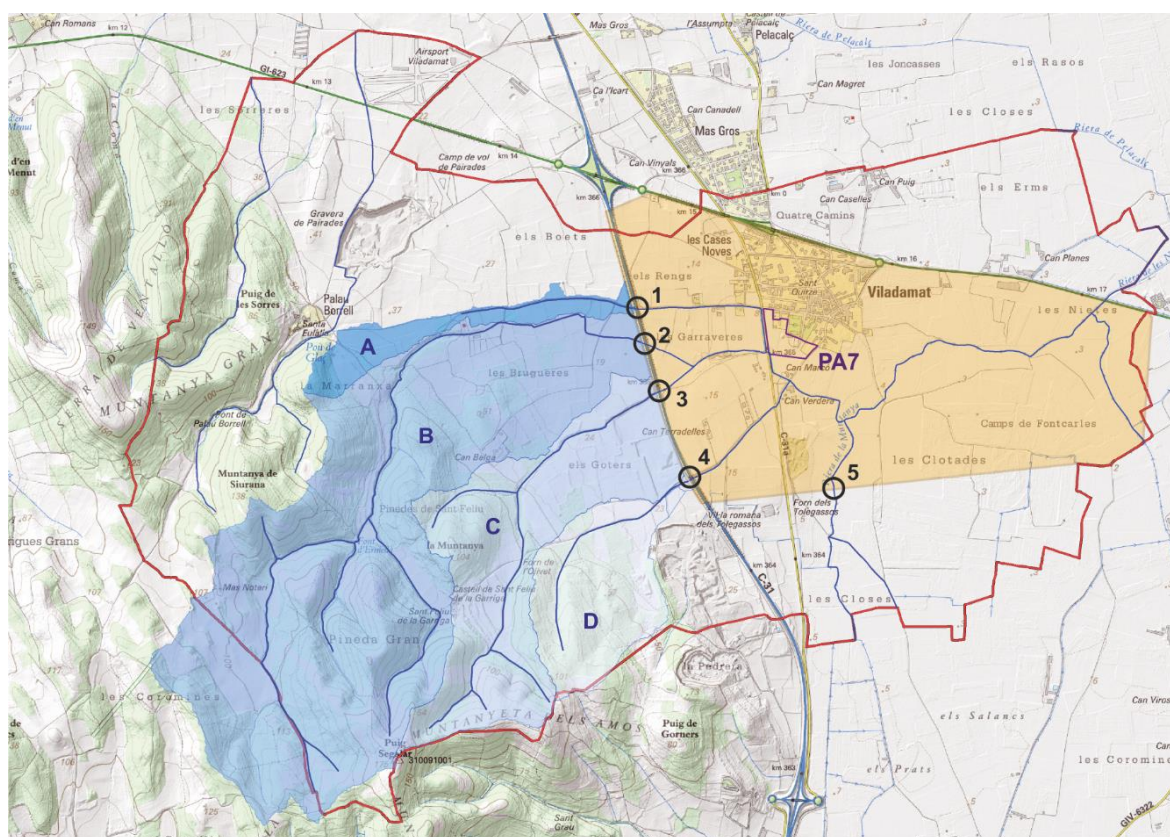


Figura 12. Xarxa hídrica i conques de drenatge associades contemplades en la definició d'entrades al model. Font: GEOSERVEI.

En el cas de la Riera de la Muntanya (entrada número 5), l'aproximació al seu cabal d'entrada al model no s'ha efectuat en base al mateix càlcul hidrològic que la resta de torrents atès el seu complex funcionament (descriu a l'apartat 4.2) que implica la impossibilitat del càlcul per mètodes tradicionals de l'aportació real d'aigua al model en tractar-se d'un rec antropitzat amb múltiples connexions/derivacions antròpiques al llarg del seu recorregut que dificulten el traç de la seva conca de drenatge, i s'ha considerat que en el pitjor dels

escenaris a modelar (episodi per període de retorn de 500 anys) el seu canal conduiria aigua al màxim de la seva capacitat.

El càlcul estimatiu s'ha efectuat a partir d'una secció del canal simplificada propera al punt número 5 amb les característiques següents:

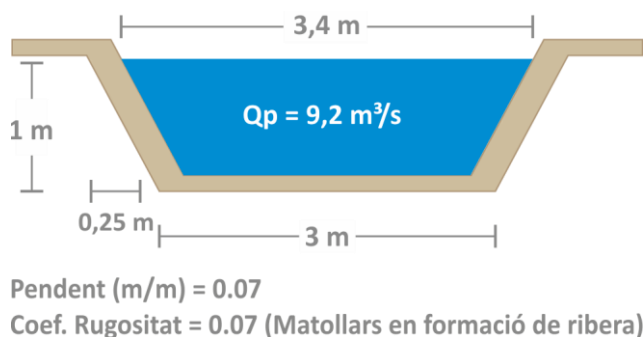


Figura 13. Càlcul de la capacitat de desaigua a llera plena de la Riera de la Muntanya a l'entrada del model numèric. Font: GEOSERVEI.

El resultat és un cabal punta (Q_p) de $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.3. METODOLOGIA. MÈTODE RACIONAL

La determinació dels cabals punta (Q_p) pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys s'ha realitzat a partir de l'aplicació del mètode racional, segons les prescripcions que figuren en el document "*Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local*", de l'Agència Catalana de l'Aigua. Es consideren així les citades recomanacions pel que fa al valor del multiplicador regional del llindar d'escorrentiu, al temps de concentració i al coeficient de simultaneïtat en funció de l'àrea de la conca.

El càlcul s'ha efectuat per a cadascuna de les conques de drenatge de cada curs que representa una entrada d'aigua al model:

Punt de càlcul	Superfície de conca (km^2)	Longitud del curs principal (km)	Pendent mitjà del curs principal (m/m)
1	0,21	0,87	0,02
2	2,66	3,98	0,03
3	1,01	2,22	0,05
4	0,48	1,24	0,05

La fórmula, segons mètode racional, per calcular el cabal punta és la següent:

$$Q_p = K \cdot \frac{C \cdot I \cdot S}{3,6}$$

on, **Q_p** = Cabal punta (m³/s)

K = Coeficient d'uniformitat del mètode racional (adimensional)

C = Coeficient d'escorrentiu (adimensional)

I = Intensitat de precipitació (mm/h) corresponent a una durada efectiva de la pluja D igual al temps de concentració T_c de la conca

S = Superfície de la conca (km²)

5.3.1. COEFICIENT D'UNIFORMITAT (K)

El coeficient d'uniformitat es un coeficient de majoració que corregeix la hipòtesi de que la intensitat de pluja neta és constant, sense variacions temporals. Es calcula mitjançant l'equació següent:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

on, **K** = Coeficient d'uniformitat del mètode racional (adimensional)

T_c = Temps de concentració (h)

Conca	Coeficient d'uniformitat (K)
A	1,03
B	1,12
C	1,06
D	1,04

5.3.2. TEMPS DE CONCENTRACIÓ (T_c)

El temps de concentració (T_c) d'una determinada conca és el temps necessari perquè, donada una pluja d'intensitat constant, el cabal circulant a punt de sortida s'estabilitzi. Per al seu càlcul, segons les recomanacions de l'ACA, s'han de distingir entre tres tipus de conques: rurals, urbanitzades i urbanes. Per cada tipus de conca es calcularà el temps de concentració mitjançant una formulació específica.

En aquest cas les quatre conques considerades són de tipus rural amb un grau d'urbanització inferior al 4%, per tant la formulació utilitzada per al càlcul del temps de concentració ha estat la següent:

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

on, T_c = Temps de concentració (h)

L = Longitud del curs principal (km)

j = Pendent mitjà del curs principal (m/m)

Conca	Temps de concentració (h)
A	0,57
B	1,67
C	0,97
D	0,62

5.3.3. PRECIPITACIONS MÀXIMES DIÀRIES (P'_d)

Les precipitacions màximes diàries P_d , per cada període de retorn, considerades a l'hora d'efectuar el càlcul del coeficient d'escorrentiu (C) segons la fórmula:

$$C = \frac{(P'_d - P'_0) \cdot (P'_d + 23 \cdot P'_0)}{(P'_d + 11 \cdot P'_0)^2}$$

on, C = Coeficient d'escorrentiu (adimensional)

$P'_d = K_A \cdot P_d$ (Coeficient de simultaneïtat · Volum de precipitació diària pel període de retorn considerat)

P'_0 = Llindar d'escorrentiu (mm)

han estat les que proveeix l'ACA al seu web, concretament al *Catàleg de descàrrega de cartografia* en l'apartat *Cabals/Precipitacions màximes* en data febrer de 2016. Els valors emprats han estat els següents:

Conca	Període de retorn (anys)	P_d (mm)	P'_d (mm)	Coeficient d'escorrentiu (C)
A	10	125	125	0,28
	100	211	211	0,46
	500	281	281	0,56
B	10	125	121,46	0,3
	100	210	204,05	0,48
	500	280	272,07	0,58
C	10	125	124,96	0,33
	100	210	209,9	0,51

Conca	Període de retorn (anys)	P _d (mm)	P' _D (mm)	Coefficient d'escorrentiu (C)
	500	280	279,92	0,61
D	10	125	125	0,27
	100	210	210	0,44
	500	280	280	0,54

5.3.4. LLINDAR D'ESCORRENTIU (P'₀)

El llindar d'escorrentiu (P'₀) és la quantitat de pluja que cal que caigui abans que comenci a córrer l'aigua pel terra. Els valors emprats han estat els que proveeix l'ACA al seu web, concretament al *Catàleg de descàrrega de cartografia* en l'apartat *Cabals/Llindar d'escorrentiu* en data febrer de 2016, ponderats segons la superfície de conca que ocupen i el factor regional de correcció a Catalunya d'1,3:

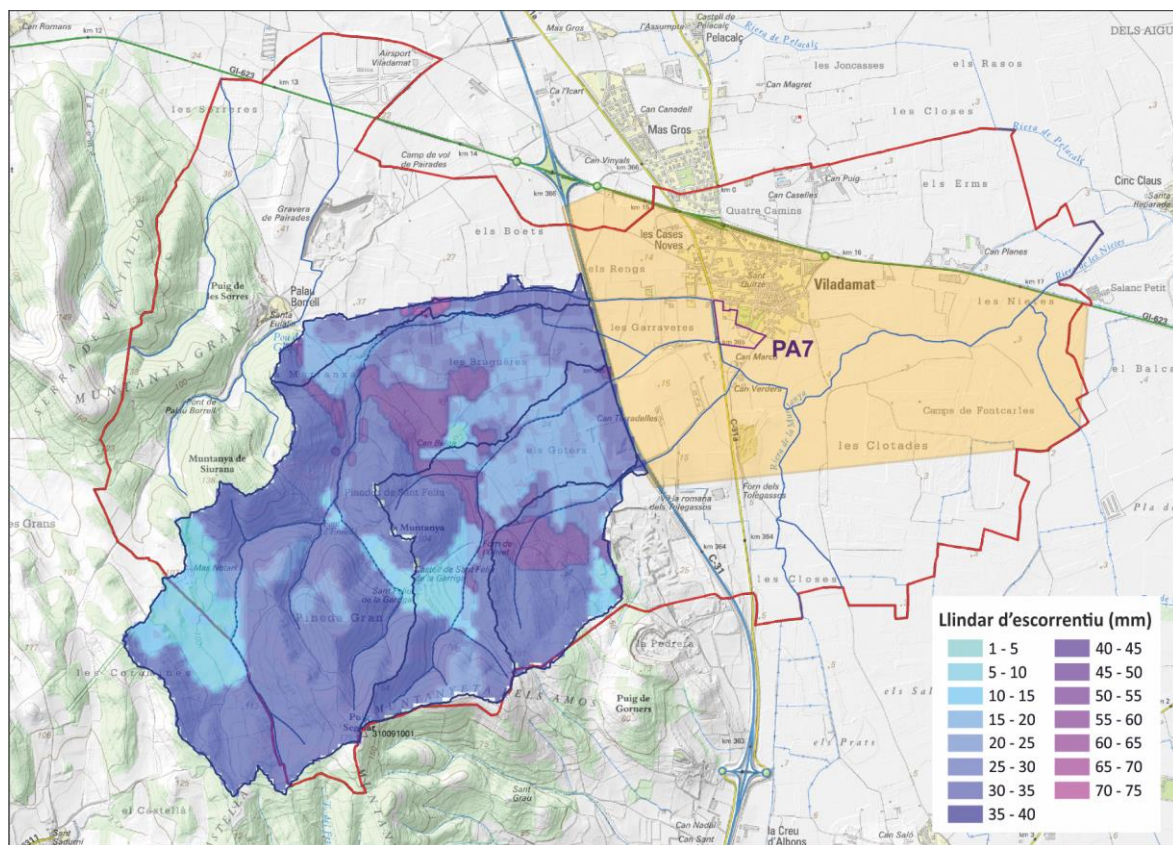


Figura 14. Llindar d'escorrentiu (P'₀). Font: ACA, modificat per GEOSERVEI.

5.3.5. INTENSITAT DE PRECIPITACIÓ (I)

Aquest paràmetre quantifica la intensitat màxima mitjana de precipitació corresponent a una durada efectiva de la pluja D igual al temps de concentració de la conca. Es calcula segons:

$$I = \frac{P'_d}{24} \cdot (11)^{\frac{(28^{0,1} - T_c^{0,1})}{(28^{0,1} - 1)}}$$

on, I = Intensitat màxima mitjana (mm/h)

T_c = Temps de concentració (h)

Conca	Període de retorn (anys)	Intensitat (mm/h)
A	10	79,81
	100	134,71
	500	179,40
B	10	40,46
	100	67,98
	500	90,63
C	10	58,34
	100	98,01
	500	130,68
D	10	76,04
	100	127,74
	500	170,32

5.4. RESUM DE RESULTATS

Els resultats de cabal punta (Q_p) obtinguts, per cada període de retorn considerat, per a cada punt de càlcul són els següents:

Punt de càlcul	Període de retorn	Cabal punta (Q _p) en m³/s
1	10	1,37
	100	3,76
	500	12,10

Punt de càlcul	Període de retorn	Cabal punta (Q _p) en m ³ /s
2	10	10,07
	100	26,95
	500	43,45
3	10	5,74
	100	14,91
	500	23,75
4	10	2,79
	100	7,79
	500	12,77
5	500	9,2

6. ESTUDI HIDRÀULIC: MODEL DE SIMULACIÓ HIDRÀULICA

Considerant que l'àmbit d'estudi (plànols 01) implica la modelització d'un tram de plana on les hipòtesis unidimensionals (models 1D) perden validesa, s'ha optat per l'ús de l'aplicació GUAD2D. Es tracta model bidimensional de simulació hidràulica dissenyat per a l'anàlisi de les ones d'avingudes provocades per la pluja, basat en l'aplicació del mètode de volums finits per a resoldre numèricament les equacions de Saint-Venant.

Com s'ha citat anteriorment s'han construït dos models que es corresponen amb dos escenaris específics de l'àmbit PA7 (plànol 02):

1. Escenari actual. Inundabilitat del sector PA7 i entorn per avingudes amb períodes de retorn 10, 100 i 500 anys.
2. Escenari futur. Inundabilitat del sector PA7 i entorn, per una avinguda amb període de retorn de 500 anys, amb la incorporació de mesures passives (sobreelevació del terreny en el sector PA7).

6.1. MODEL BIDIMENSIONAL

GUADFlow™ 2D és un paquet informàtic conformat per les següents aplicacions:

- GUADCreator (v1.1.1). Mòdul per a la preparació de les dades de simulació.
- GUAD2D (v.1.3.1). Mòdul matemàtic de simulació.
- GUADView (v.1.8.16). Mòdul per a l'anàlisi dels resultats de la simulació.

El primer pas, doncs, és la construcció del model bidimensional mitjançant GUADCreator, el qual ofereix les següents possibilitats/requeriments:

- Incorporació del terreny (model digital d'elevacions).
- Incorporació de la fricció del terreny (coeficients de rugositat de Manning).
- Consideració d'un calat mínim de trànsit.
- Consideració de condicions de contorn:
 - Condiions de contorn d'entrada (Cabal d'entrada, Nivell d'aigua d'entrada).
 - Condiions de contorn de sortida (Cabal de sortida, Nivell d'aigua de sortida, Embornal).
- Incorporació de ponts com a estructures hidràuliques de la simulació.
- Triangularització. Construcció de mallat.
- Definició de les condicions inicials. (Nivell, Velocitat).
- Definició dels paràmetres de simulació. (Hora inici i fi, interval bolcat resultats i sistema unitats).

En els següents apartats es relacionen les dades considerades en la construcció del model hidràulic.

Les bases cartogràfiques al model s'han treballat amb projecció **UTM 31N ETRS89**.

6.2. MODEL DIGITAL D'ELEVACIONS DEL TERRENY

El model digital d'elevacions s'ha construït a partir de dades (núvol de punts) LIDAR ofertes per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Les dades compten amb una densitat mínima de 0,5 punts/m² arribant a una exactitud altimètrica de 6 cm en zones planeres amb poca vegetació. El núvol de punts compta amb una classificació que permet la seva conversió a ràster tipificada segons l'objectiu. En aquest cas s'ha construït un mde 2x2 mitjançant els tipus *Ground* i *Building*.

Prèvia a la seva incorporació al model GUAD2D s'han realitzat una modificació puntual d'alçades obtingudes amb l'objectiu de garantir la representació de tàlvegs de cursos hídrics, obertura de passos soterrats, presència d'elements nous en simulació d'escenaris futurs, etc., que puguin ser d'especial interès per la simulació hidràulica.

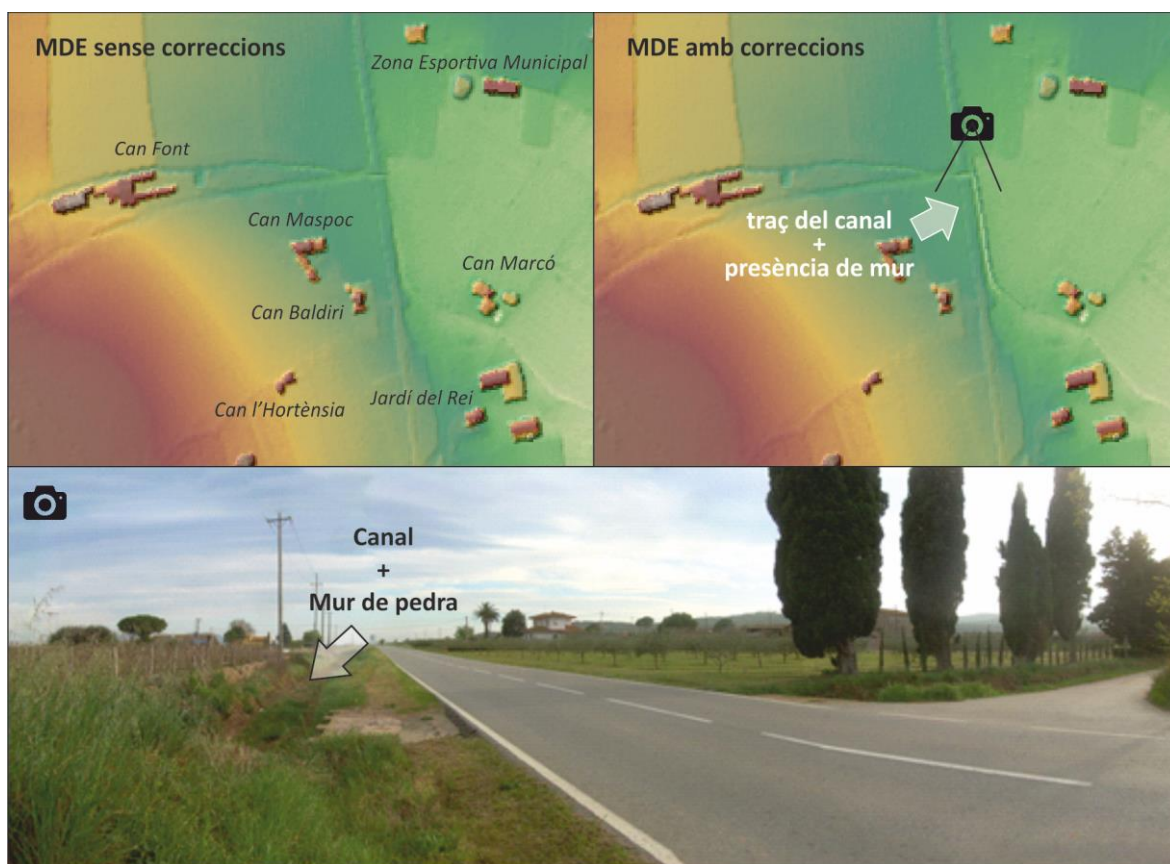


Figura 15. Exemple de correcció del mde per garantir el correcte flux d'aigua superficial. *Font: GEOSERVEI, 2016.*

6.3. RUGOSITAT DEL TERRENY. COEFICIENTS DE MANNING

En GUAD2D, la fricció del terreny s'assigna a través del coeficient de rugositat de Manning. A tal efecte, s'ha elaborat una cobertura a partir d'informació d'usos i cobertes del sòl, tenint en compte:

- L'agrupació d'usos del sòl es realitza prenent com a referència el grau de definició establert en el nivell 5 (màxima discretització) del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC, versió 4), elaborat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF).
- L'assignació del coeficient de rugositat de Manning per a cada ús de sòl descrit a l'àrea d'estudi s'ha realitzat seguint els criteris tècnics establerts per l'Agència Catalana de l'Aigua a tal efecte. Les agrupacions resultants (i el corresponent coeficient de Manning assignat) són les següents:

Agrupació d'usos i cobertes del sòl	Coef. Manning (ACA)
Centre urbà	0,15
Zona urbanitzada	0,1
Cases aïllades i bosc	0,1
Prats i herbassars	0,055
Sòls nus forestal	0,03
Horta	0,065
Zones d'extracció minera	0,06
Matollars de formació de ribera	0,07
Zona d'esport	0,05
Carreteres	0,025

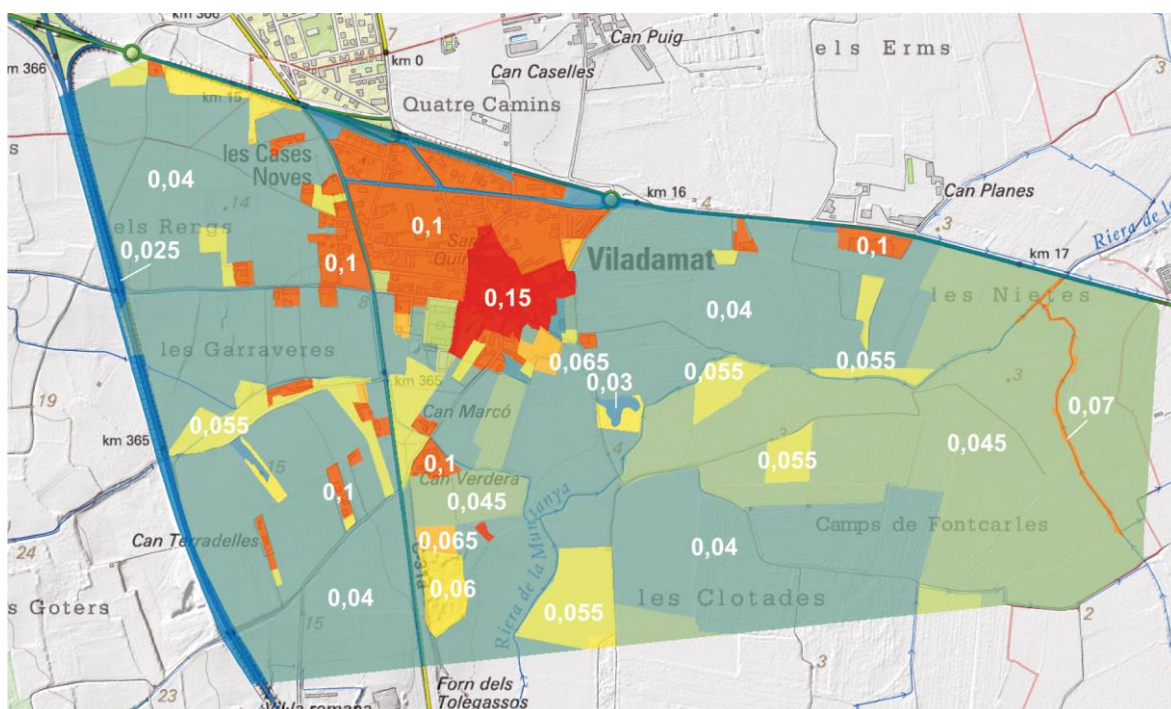


Figura 16. Rugositat del terreny. Coeficients de Manning. Font: ACA, GEOSERVEI, 2016.

Complementari a la rugositat, s'estableix un llinar de **calat mínim** que té per objectiu mantenir les fronteres sec/moll del model estables en el temps i permetre un temps de càlcul òptim per a la simulació. El seu efecte és limitar el pas de cabal de cel·les que no hagin assolit el calat mínim establert. El llinar mínim imposat és l'establert per defecte i recomanat per aquest tipus d'estudis, **0,01 m**.

6.4. CONDICIONS HIDRODINÀMIQUES

6.4.1. CONDICIÓ DE CONTORN D'ENTRADA

Tipus Q(t). Constant

Com a condició de contorn d'entrada s'hi han declarat 5 fronts laterals. S'han definit la direcció i el sentit del cabal d'entrada considerant la dinàmica del flux esperada (plànol 03).



Figura 17. Localització d'entrades de flux al model. Exemple de punt d'entrada – Entrada 4. Font: GEOSERVEI, 2016.

Punt de càlcul	Període de retorn	Cabal punta (Q_p) en m^3/s
1	10	1,37
	100	3,76
	500	12,10
2	10	10,07
	100	26,95
	500	43,45
3	10	5,74
	100	14,91
	500	23,75
4	10	2,79
	100	7,79
	500	12,77
5	500	9,2

6.4.2. CONDICIÓN DE CONTORN DE SORTIDA

Tipus H(t). Constant

Com a condició de contorn de sortida (plànol 03), s'ha introduït, al llarg d'una franja NE del model, un nivell constant de 3,5 m. L'objectiu és simplement complir amb el requeriment de les simulacions de disposar d'una sortida a l'aigua fluent. Es desestimen d'aquesta manera resultats més enllà de la meitat W de l'àmbit de simulació del model.

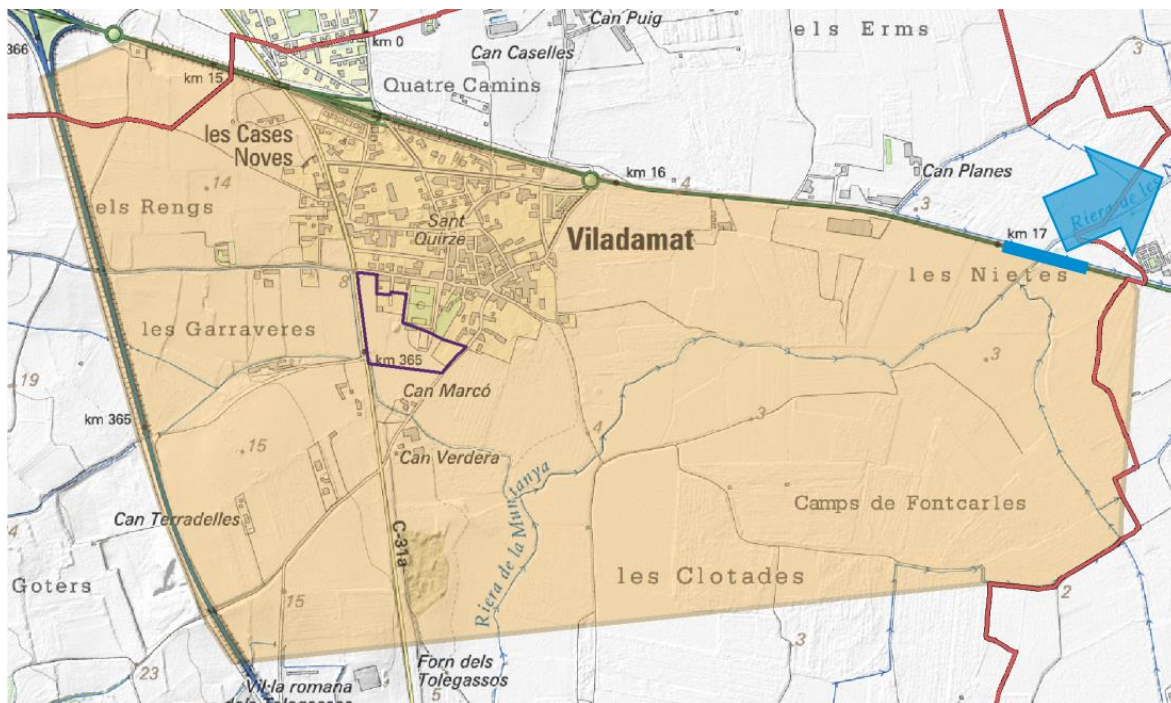


Figura 18. Localització de la condició de contorn sortida al flux del model. Font: GEOSERVEI, 2016.

6.4.3. CONDICIONS INICIALS

S'assigna una condició inicial de calat igual a 0 m o inici en sec.

6.4.4. CONDICIONS INTERNES. ESTRUCTURES

L'àmbit de simulació no presenta estructures rellevants susceptibles de ser incorporades com a tals al model. Els passos soterrats s'han considerats oberts en la seva dimensió vertical.

6.5. PARÀMETRES DE CàLCUL

Després de diversos tests, el temps de simulació imposat ha estat 5000 segons (1,4 h) en haver-se observat que al llarg del mateix el flux transita el 100% de l'àmbit. L'interval de bolcat de dades s'ha establert en 100 segons.

6.6. TRIANGULARITZACIÓ

Tenint en compte les característiques de l'àmbit d'actuació (zones molt planeres) i la precisió altitudinal del MDE incorporat, s'imposa com a paràmetres de triangularització una longitud màxima de l'element de 100 m i un error màxim admissible en cota de 0,1 m. La mida de la malla obtinguda és 883x1361 cel·les, amb un pas de malla de 2 metres.

6.7. SÍNTESI DE LA INUNDABILITAT

6.7.1. ESCENARI ACTUAL

Els resultats obtinguts de la modelització hidràulica de l'estat actual han estat els següents:

ZONES INUNDABLES (plànol 04)

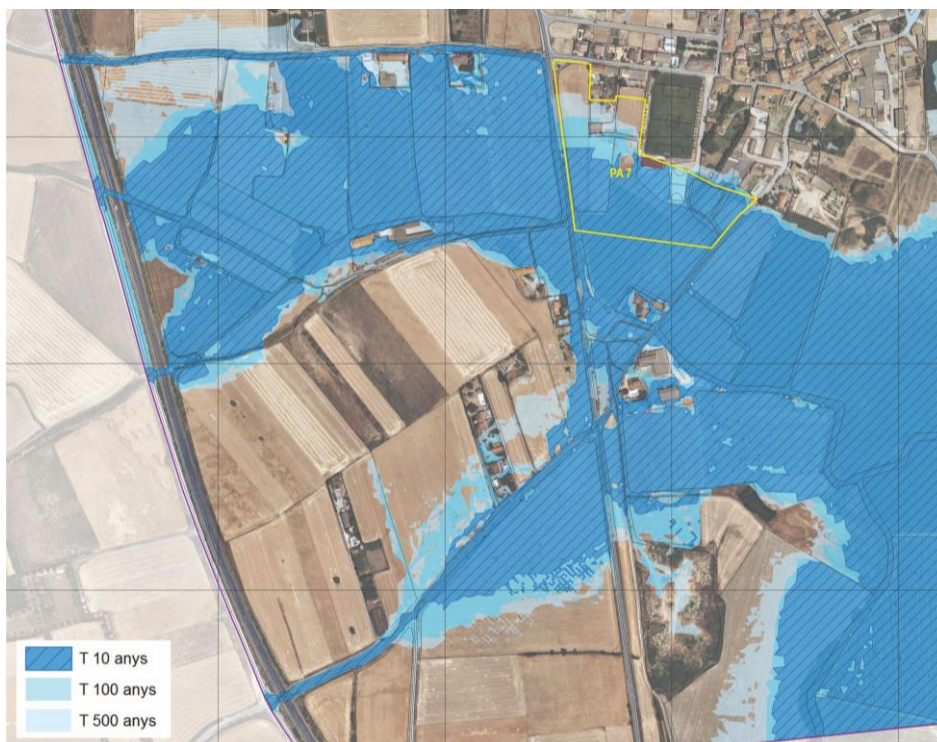


Figura 19. Delimitació de les zones inundables segons període de retorn. *Font: GEOSERVEI, 2016.*

CALATS, per un període de retorn de 10 anys (T10) (plànol 05)

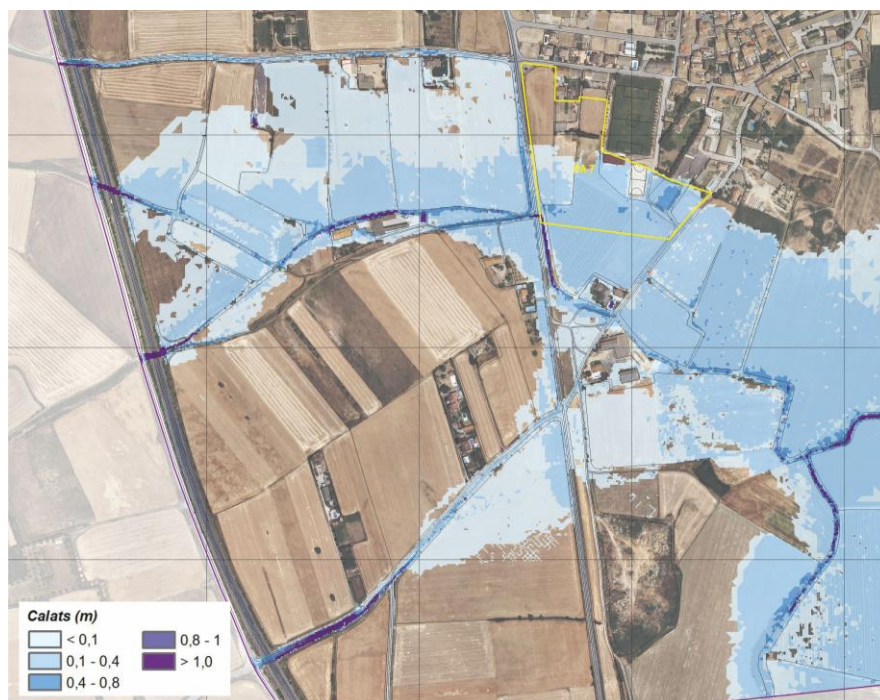


Figura 20. Distribució dels calats per un període de retorn de 10 anys. Font: GEOSERVEI, 2016.

CALATS, per un període de retorn de 100 anys (T100) (plànol 06)

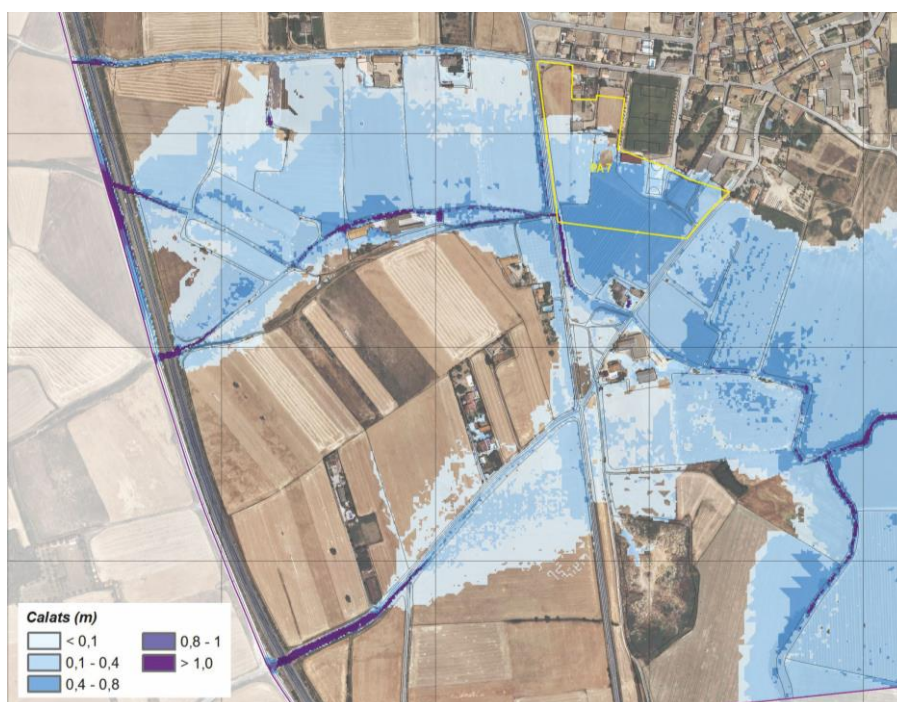


Figura 21. Distribució dels calats per un període de retorn de 100 anys. Font: GEOSERVEI, 2016.

CALATS, per un període de retorn de 500 anys (T500) (plànol 07)

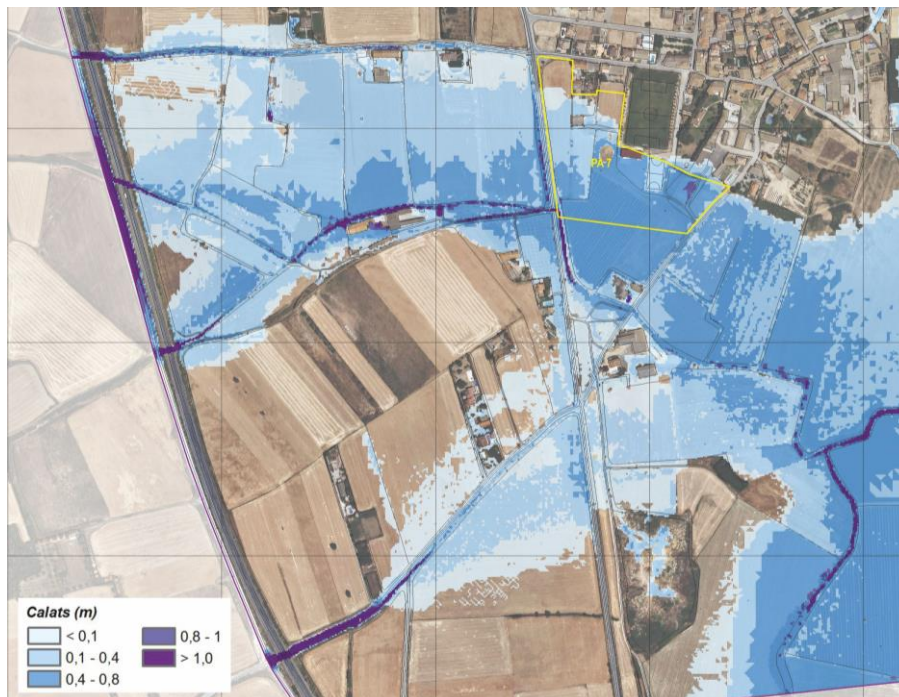


Figura 22. Distribució dels calats per un període de retorn de 500 anys. *Font: GEOSERVEI, 2016.*

VELOCITAT DEL FLUX, per un període de retorn de 500 anys (T500) (plànol 08)

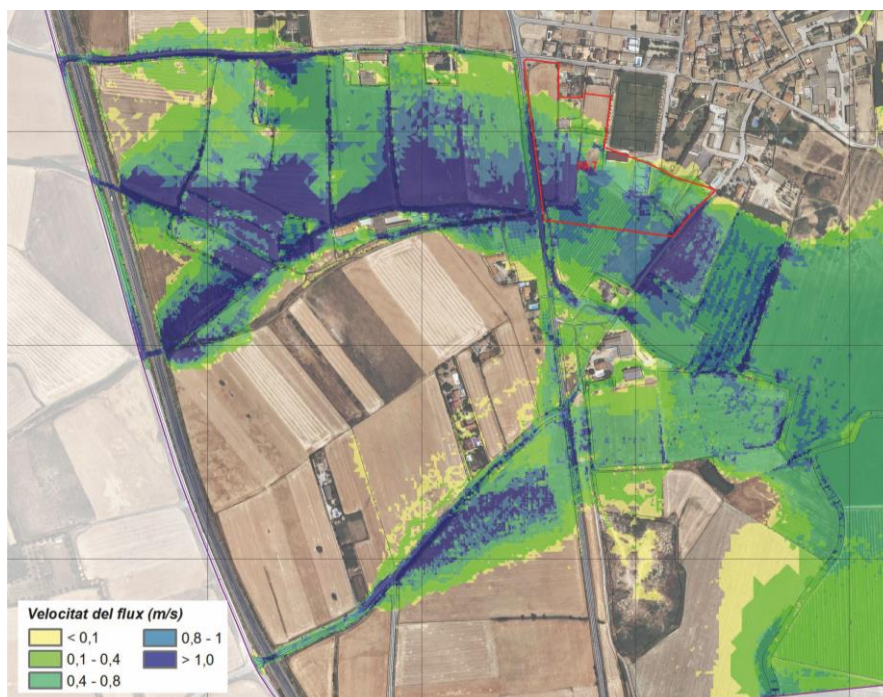


Figura 23. Distribució de les velocitats del flux per un període de retorn de 500 anys. *Font: GEOSERVEI, 2016.*

PERILLOSITAT, per un període de retorn de 500 anys (T500) (plànol 09)

La perillositat s'ha determinat i grafiat d'acord amb els criteris de l'Agència Catalana de l'Aigua que té en compte el calat, la velocitat i la seva combinatòria:

Perillositat	Rang
Alta	$c \geq 1 \text{ m}$ $v \geq 1 \text{ m/s}$ $c \cdot v \geq 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$
Moderada	$0,4 \leq c < 1 \text{ m}$ $0,4 \leq v < 1 \text{ m/s}$ $0,08 \leq c \cdot v < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$
Baixa	$c < 0,4 \text{ m}$ $v < 0,4 \text{ m/s}$ $c \cdot v < 0,08 \text{ m}^2/\text{s}$

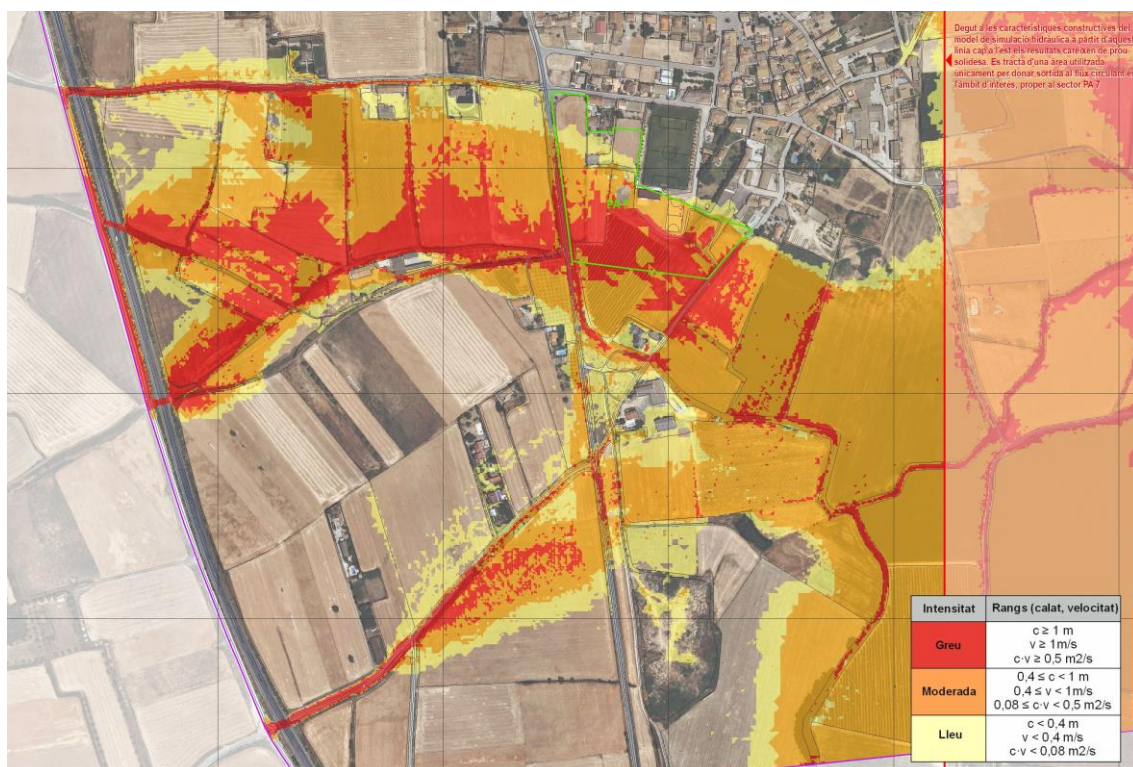


Figura 24. Perillositat del fenomen (T500). Font: GEOSERVEI, 2016.

En el plànol 10 es recull el detall de les zones inundables determinades per criteris hidràulics en l'àmbit del polígon d'actuació PA7, i en el plànol 11 el detall de la perillositat en la mateixa àrea.

Recordar que la delimitació de la SERVITUD DE PROTECCIÓ DE SISTEMA HIDROGRÀFIC (sistema hídic), recollida en el plànol 17 i descrita en el apartat 4.2, s'ha fet tenint en compte la zona inundable per període de retorn de 100 anys (figura 19), el grau de perillositat de la inundació per T500 (figura 24) i l'ordenació dels criteris de prevalença de l'Agència Catalana de l'Aigua.

6.7.2. ESCENARI FUTUR. IMPLEMENTACIÓ DE MESURES PASSIVES

El desenvolupament del polígon de sòl urbà PA7 requereix actuar per corregir la perillositat derivada de l'avinguda per T500 fins a un nivell lleu i amb una sobrelevació en àrees properes que no superi 0,3 m o que no impliqui afeccions a tercers, en aquest cas -i de forma especial- els habitatges existents al S de l'àmbit.

De les possibles mesures a implementar finalment s'han fet diferents modelitzacions elevant la cota del terreny en l'àrea edificable del PA7, i deixant la zona verda que voreja l'àmbit per l'W i el S amb un pendent des del sòl natural fins l'àrea sobrelevada. L'elevació finalment modelada i que compleix ambdues condicions implica assolir una cota màxima del sòl de 7,75 m a més d'un cordó perimetral nord de 8,25 m. Tot seguit s'observa un detall de la mesura proposada i la comparativa de calats, velocitat i perillositat entre escenaris.

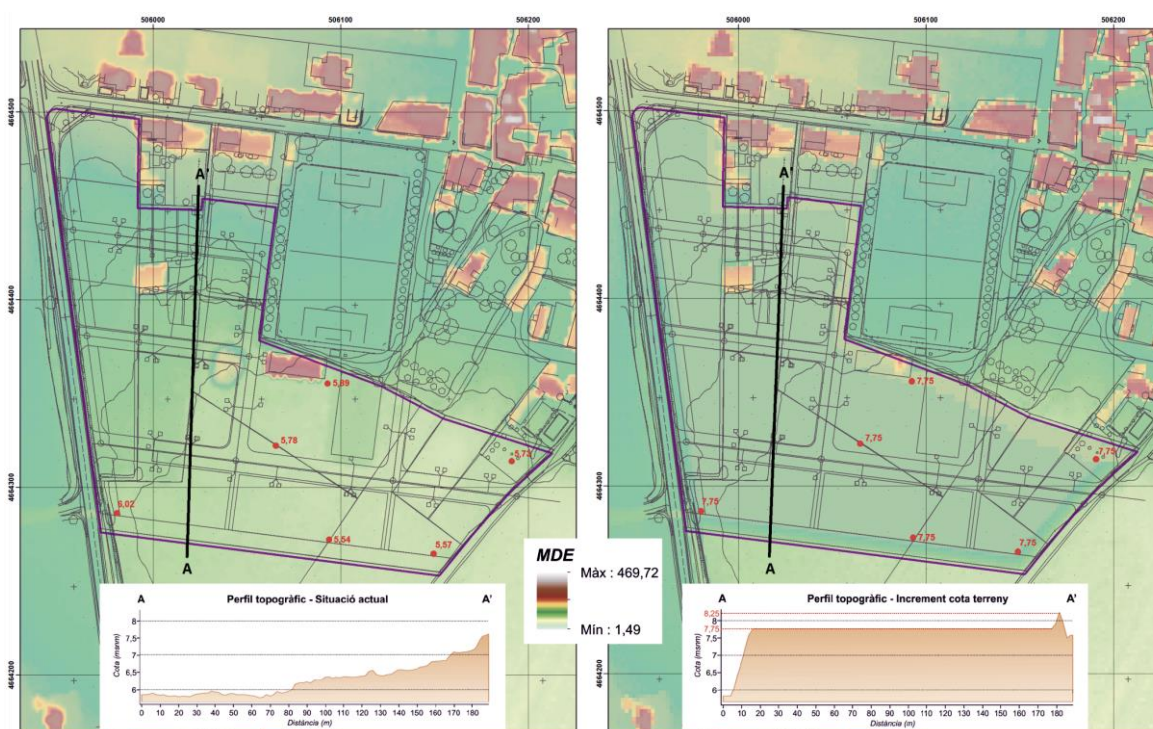


Figura 25. Detall de la mesura correctora proposada i modelada. *Font: GEOSERVEI, 2016.*

CALATS, per un període de retorn de 500 anys (T500). Escenari actual vs Escenari futur (plànol 13)

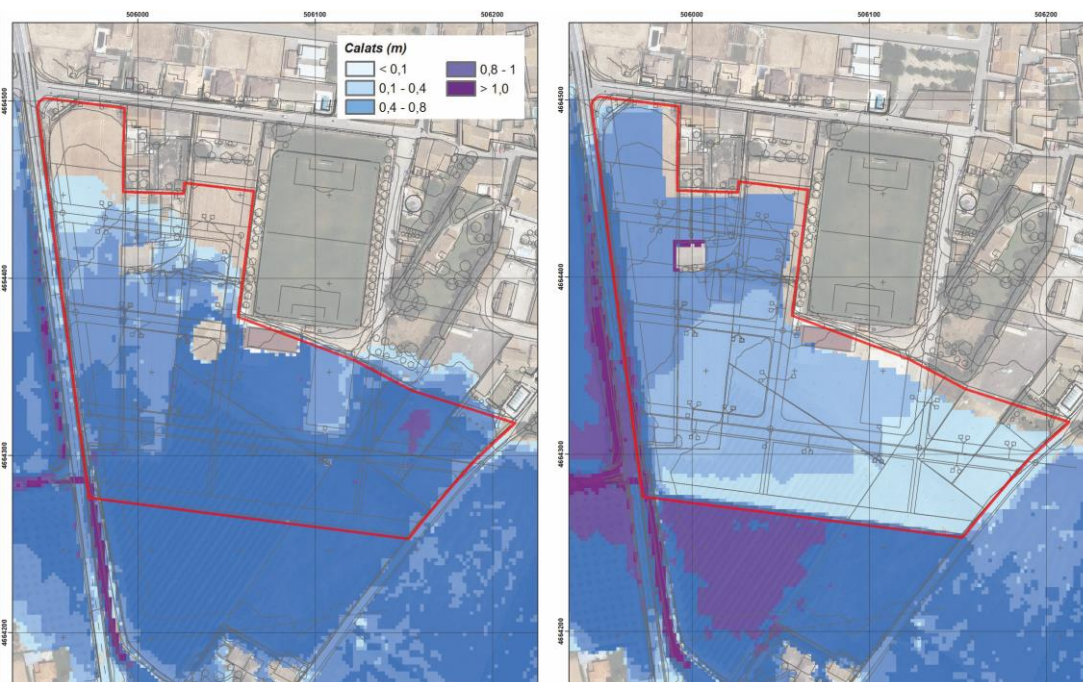


Figura 26. Anàlisi comparativa de de la distribució dels calats (T500 anys). *Font: GEOSERVEI, 2016.*

VELOCITAT DE FLUX, per un període de retorn de 500 anys (T500). Escenari actual vs Escenari futur (plànol 14)

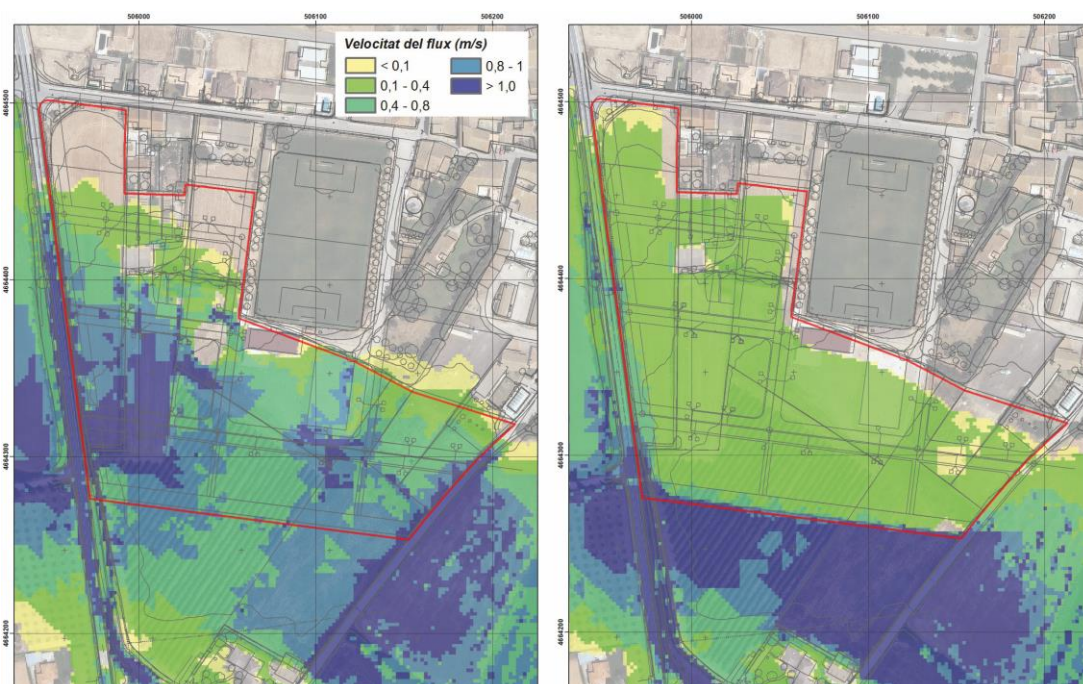


Figura 27. Anàlisi comparativa de la distribució de les velocitats del flux (T500 anys). *Font: GEOSERVEI, 2016.*

En la figura següent es fa la comparativa entre la perillositat per període de retorn 500 anys i la perillositat determinada pel nou escenari. S'observa com en l'àmbit del polígon PA7 s'assoleix un grau de perillositat lleu, que es manté moderada/greu en la franja de zona verda de l'W i del S.

PERILLOSITAT. Escenari actual vs Escenari futur (plànol 15)

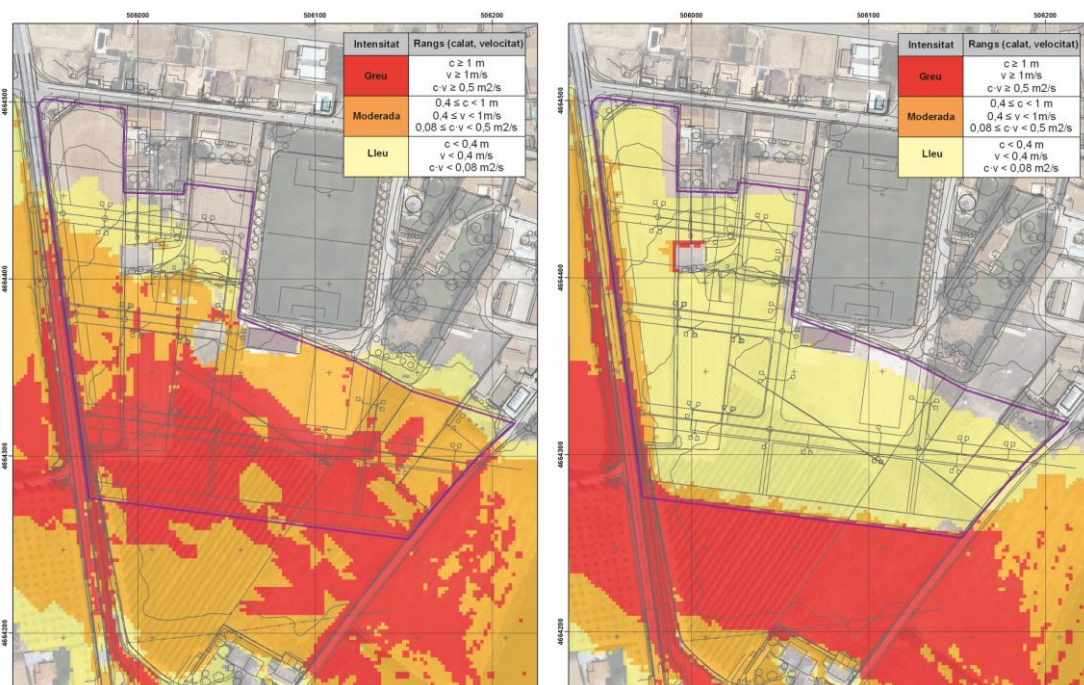


Figura 28. Anàlisi comparativa de la perillositat del fenomen (T500). Font: GEOSERVEI, 2016.

Pel que fa a l'increment de calat en les zones de clara afecció a tercers, és a dir, els habitatges del S, en la figura següent es mostra la variació a l'alça o a la baixa després d'implementar la mesura d'elevació del terreny. En l'àmbit del PA7 hi ha un decrement del calat mentre que al S, cap on es desplaça la circulació preferent de l'aigua en el nou escenari posa de manifest que és inferior a 0,3 m i que no afecta als usos tercers pre-existents.

AFFECTACIÓ A TERCERS de la implementació de les mesures passives de protecció passiva.

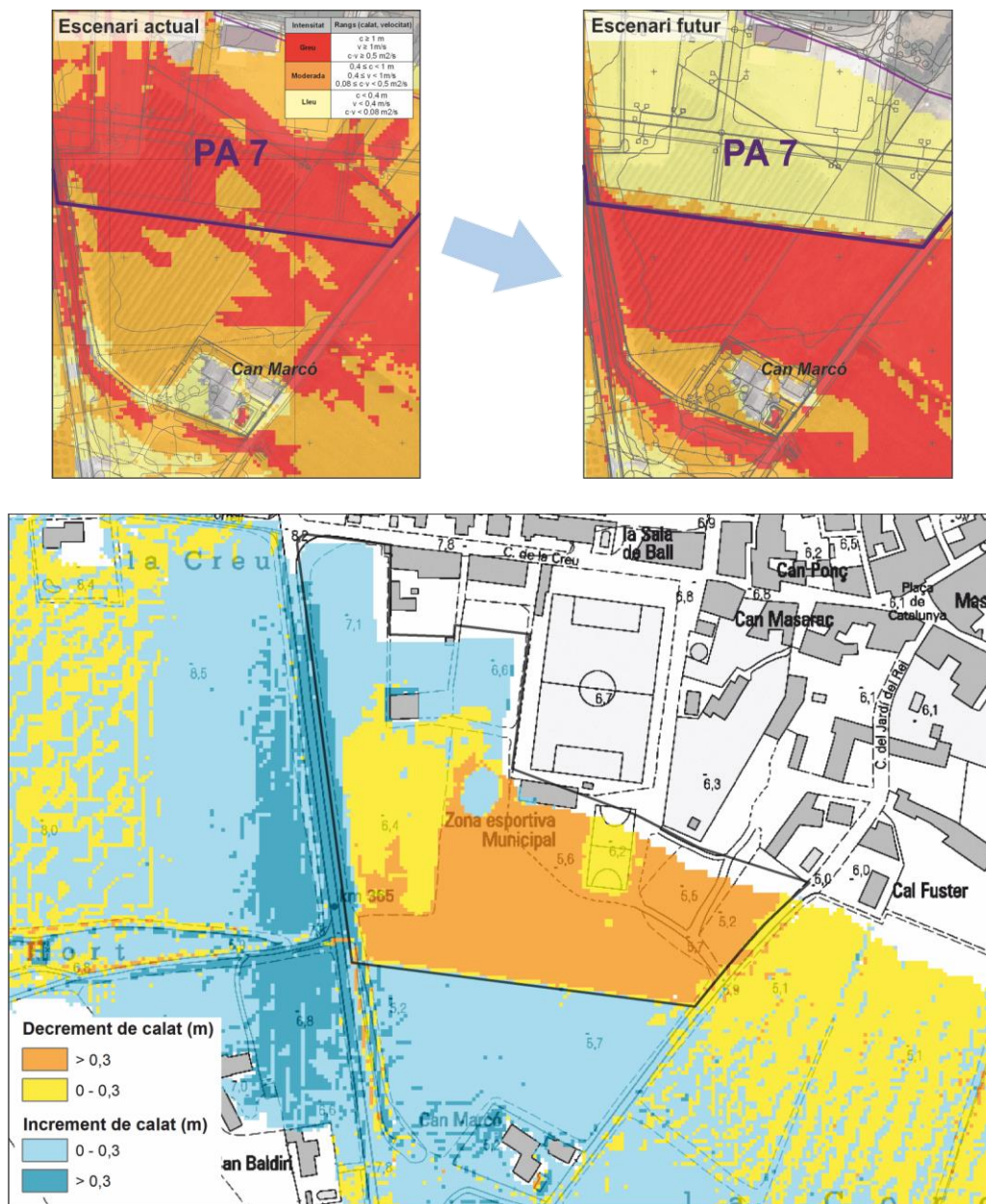


Figura 29. A dalt - Desplaçament de la franja de perillositat greu. A baix - Anàlisi de l'afectació a tercers per variació dels calats a conseqüència de la implementació de mesures correctores (T500). Font: GEOSERVEI, 2016.

De la comparativa dels resultats obtinguts per l'escenari actual i el futur, un cop implementades les mesures de protecció passiva, se'n desprèn:

- L'increment de cota del sector PA7 comporta una millora substancial en les condicions d'inundació d'aquest àmbit tant pel que fa a les cotes abastades, per les velocitats de flux obtingudes, com per la

perillositat final de l'episodi simulat.

- En termes numèrics, la magnitud de la millora és notòria, al passar-se de calats superiors a 0,4 metres en bona part del sector a valors màxims al voltant dels 0,1- 0,2 metres. En sintonia, les velocitats de flux decreixen per situar-se en valors d'entre 0,1-0,3 m/s.
- En conseqüència, la perillositat de l'episodi (T500) a l'àrea edificable del sector passa de greu-moderada a baixa. S'acompleix, d'aquesta manera, l'objectiu de dotar l'àmbit de condicions suficients, quant al fenomen estudiat, per al seu desenvolupament urbanístic.
- No obstant, la variació de les condicions del terreny propicia el desplaçament de condicions d'inundació menys favorables (franja de perillositat greu) a àrees adjacents de sòl no urbanitzable amb presència d'edificacions; Can Marcó.
- L'anàlisi de la dispersió i quantificació d'aquests impactes derivats posa de manifest que es tracta d'un impacte tolerable segons criteris de l'ACA, al no comportar increments superiors als 0,3 metres en zones de clara afectació a tercers.

6.7.3. INCORPORACIÓ DELS RESULTATS DE L'ESTUDI HIDRÀULIC AL POUM DE VILADAMAT

En els apartats precedents i en els plànols de l'annex cartogràfic s'ha donat resposta al requeriment núm. 1 de l'informe de 17 d'octubre de 2014 de l'Agència Catalana de l'Aigua (UDPH02013003060) aportant la informació relativa a les mesures de protecció passiva a implementar per ser incorporada a la documentació urbanística del POUM de Viladamat.

Així, un cop delimitat el perill d'inundació en les condicions actuals (apartat 6.7.1) s'han valorat diferents potencials mesures de protecció passiva per al desenvolupament de l'àmbit de sòl urbà PA7, i s'ha modelat la que s'ha considerat més adient i alhora viable (apartat 6.7.2) en diferents condicions d'elevació del terreny fins assolir un resultat que compleix les dues condicions necessàries per fer viable el sector, i que són:

- que l'àmbit de sòl urbà amb les mesures de protecció passiva quedi en àrea de perill d'inundació lleu (plànol 15, figura 28), i
- que la implementació de les mesures de protecció passiva no impliqui un augment de calat d'aigua a tercers superior a 0,3 m (figura 29),

condicions que es compleixen en el cas del polígon PA7.

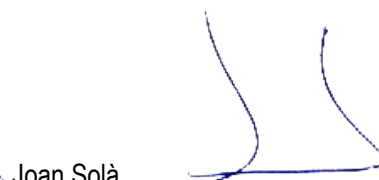
Arrel dels resultats de la present modelització hidràulica, la documentació urbanística del POUM haurà d'incorporar les següents condicions en relació a la implementació de mesures de protecció passiva de protecció front inundació del polígon d'actuació urbanística PA7:

- la protecció de l'àmbit del polígon PA7 requerirà una sobreelevació del terreny de fins a cota 7,75 m més un cordó perimetral nord (mota o similars) de fins a 8,25 m de cota d'acord amb el determinat en el plànol 12 i figura 25, i

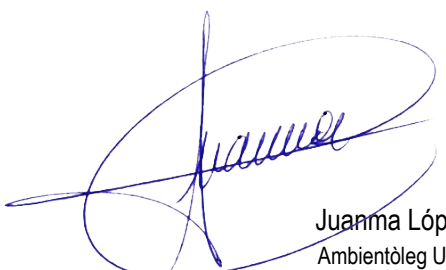
- les noves edificacions hauran de tenir en compte el calat resultant en l'àmbit amb la mesura de protecció executada de forma que les obertures hauran de trobar-se elevades 0,4 m del terreny modificat.

En el cas que durant la fase de redacció del projecte d'urbanització es pretengui detallar de forma més ajustada l'elevació topogràfica, caldrà que es tinguin en compte els cabals calculats en el present estudi i que els resultats de les modelitzacions addicionals compleixin les dues condicions exigides en el sentit que (1) l'àmbit del PA7 quedi en zona de perill d'inundació lleu (2) i que no es produeixi una sobrelevació del calat d'aigua superior a 0,3 m que pugui afectar a veïns.

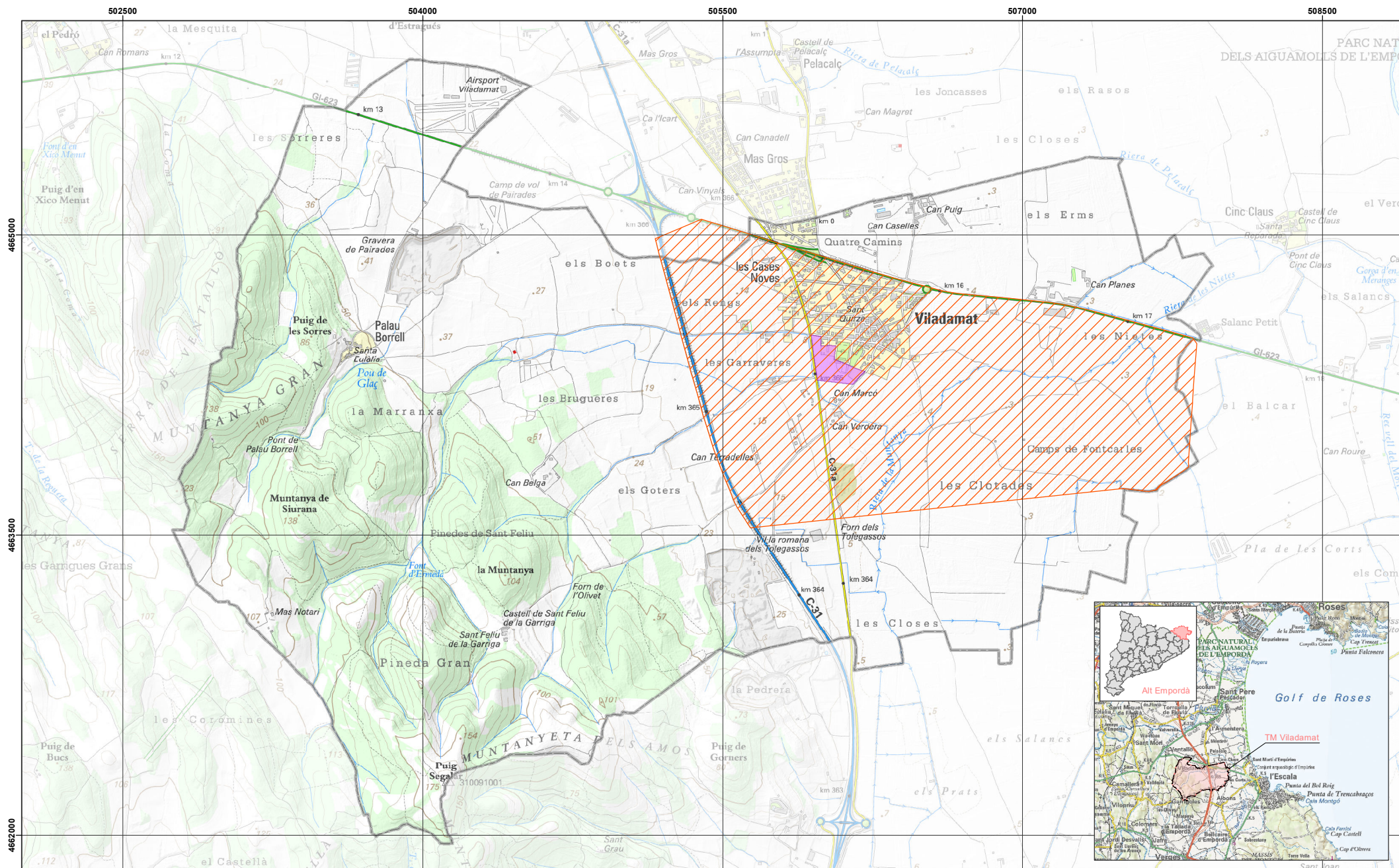
Girona, 9 de maig de 2016

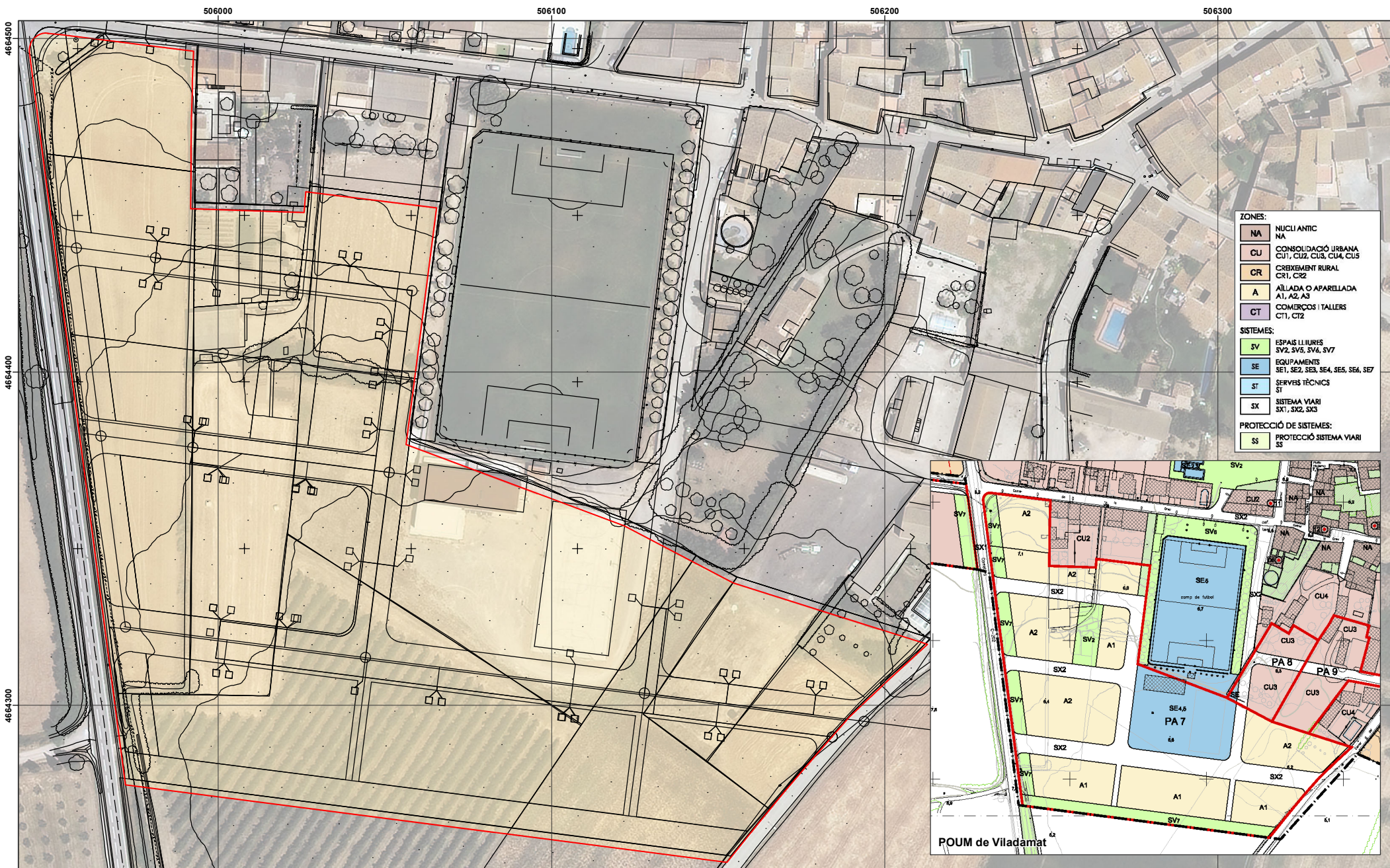


Joan Solà
Geòleg UAB
Col·legiat ICOG 1832



Juanma López
Ambientòleg UdG
Col·legiat COAMB 1566





Peticionari



Ajuntament de Viladamat

Consultor

GeoServei S.L.
PROJECTES I GESTIÓ AMBIENTAL

Estudi

DELIMITACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL I ESTUDI HIDRÀULIC
DE L'ÀMBIT DEL SECTOR PA7 DEL PLA D'ORDENACIÓ
URBANÍSTICA MUNICIPAL DE VILADAMAT

Plànol

EMPLAÇAMENT DEL SECTOR PA 7

E 1:1 500
(DIN A4)



Llegenda

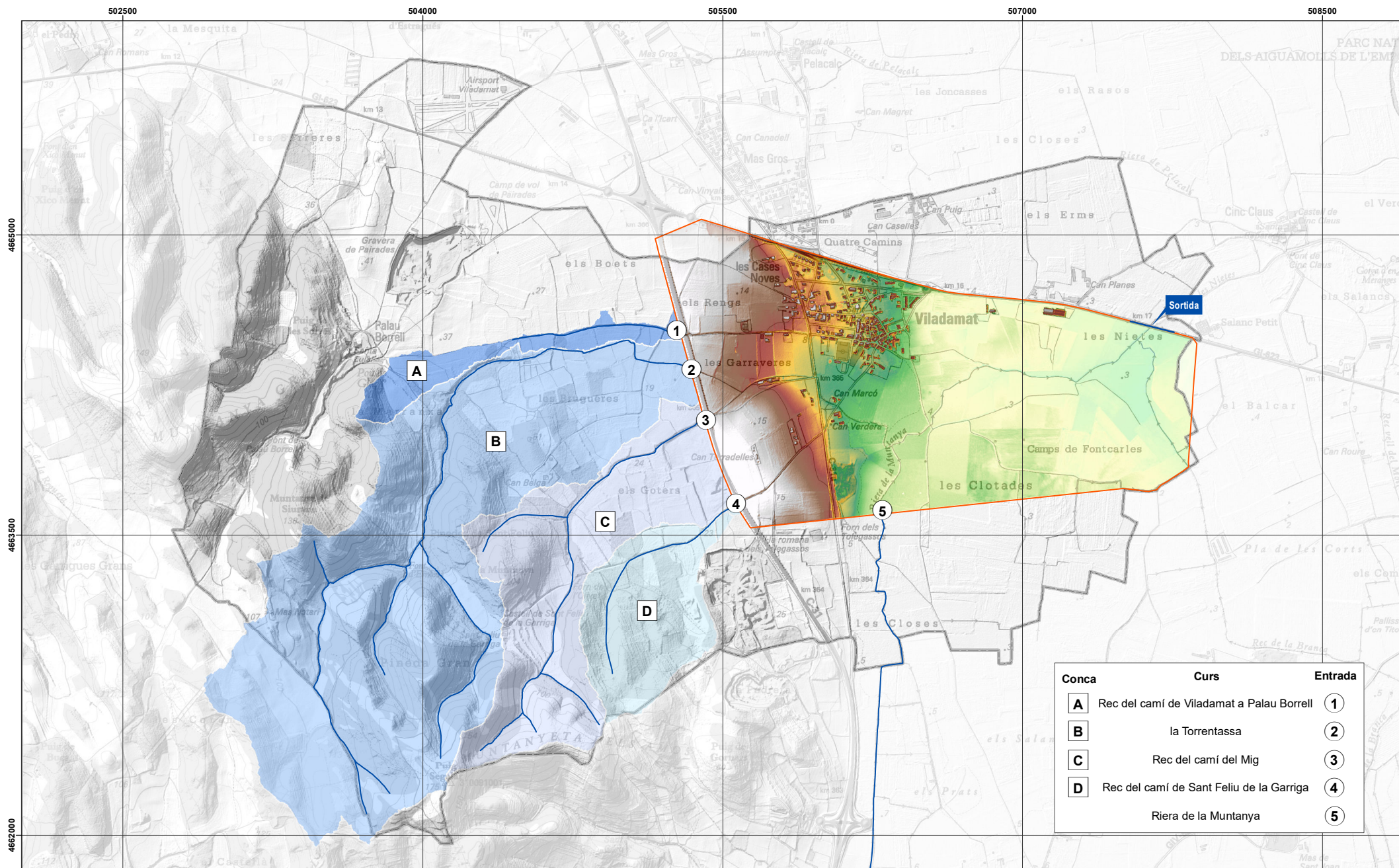
Sector PA 7

Núm.

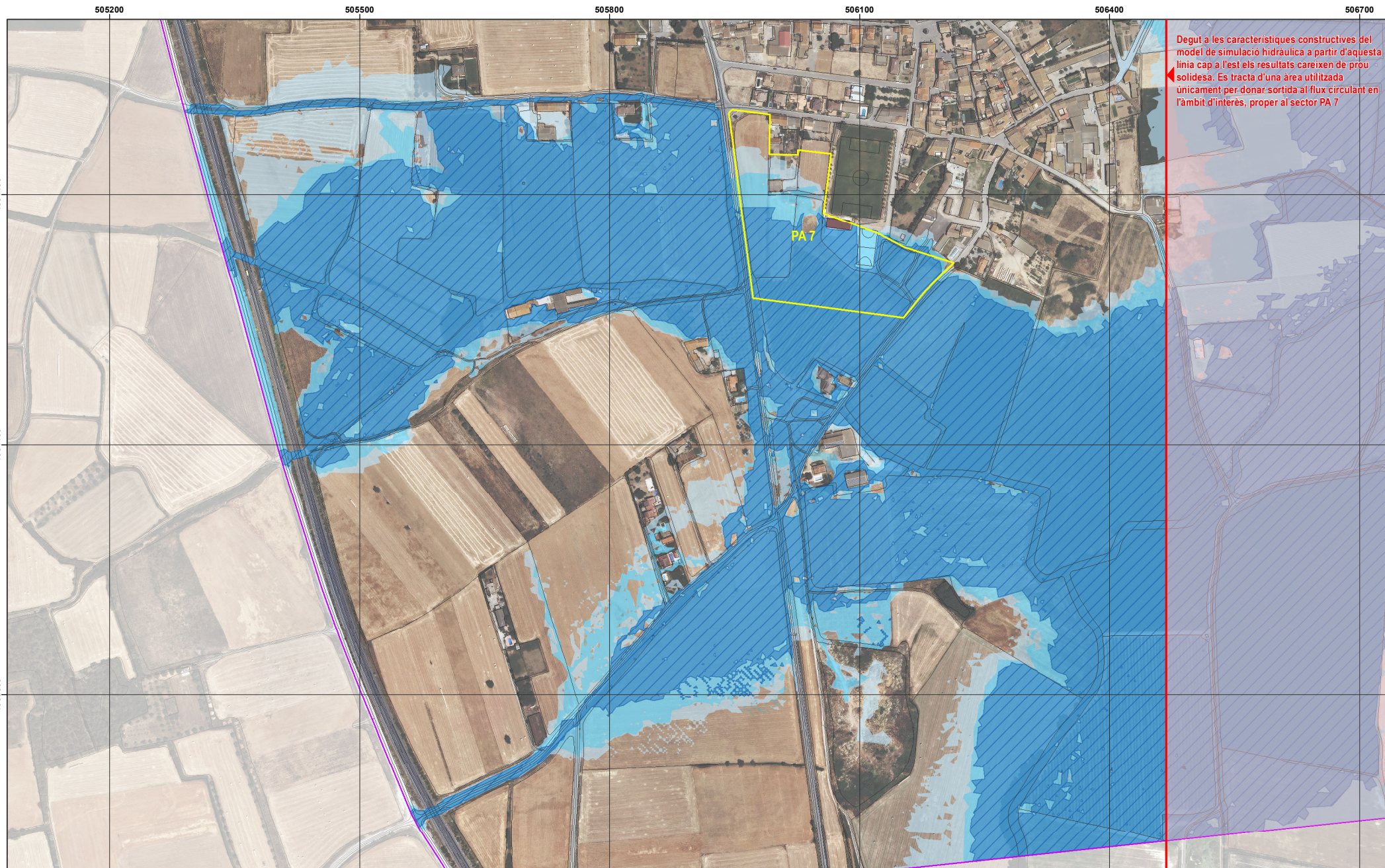
02

Base ortofotogràfica 25 cm (ICGC, 2016)

Abril 2016



Conca	Curs	Entrada
A	Rec del camí de Viladamat a Palau Borrell	1
B	la Torrentassa	2
C	Rec del camí del Mig	3
D	Rec del camí de Sant Feliu de la Garriga	4
	Riera de la Muntanya	5





Degut a les característiques constructives del model de simulació hidràulica a partir d'aquesta línia cap a l'est els resultats careixen de prou solidesa. Es tracta d'una àrea utilitzada únicament per donar sortida al flux circulant en l'àmbit d'interès, proper al sector PA 7

